

**KINERJA TERMAL SELUBUNG BANGUNAN PADA GEDUNG  
KULIAH UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA SERPONG**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MUHAMMAD SYAMSUL BAHRI  
NIM. 145060501111024**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### KINERJA TERMAL SELUBUNG BANGUNAN PADA GEDUNG KULIAH UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA SERPONG

## SKRIPSI

### PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik




**MUHAMMAD SYAMSUL BAHRI**  
**NIM. 145060501111024**

Proposal Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 9 Juli 2018

Mengotahui,  
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur

  
  
Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.  
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing

  
Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D.  
NIP. 19740915 200012 1001

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 9 Juli 2018

Mahasiswa,



Muhammad Syamsul Bahri  
NIM. 145060501111024



TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA



## SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 506/JUN10. F07.15/TU/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

**MUHAMMAD SYAMSUL BAHRI**

Dengan Judul Skripsi :

**KINERJA TERMAL SELUBUNG BANGUNAN PADA GEDUNG KULIAH UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA NUSANTARA SERPONG**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan  
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 10 Juli 2018



Dr. Eng. Herry Santosa, ST., MT  
NIP. 19730525 200003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur



Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St., Ph.D  
NIP. 19650218 199002 1 001



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN ARSITEKTUR**

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia  
 Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486  
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : [arsftub@ub.ac.id](mailto:arsftub@ub.ac.id)

**LEMBAR HASIL**  
**DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Muhammad Syamsul Bahri  
 NIM : 145060501111024  
 Judul Skripsi : Kinerja Termal Selubung Bangunan pada Gedung Kuliah  
 Universitas Multimedia Nusantara Serpong  
 Dosen Pembimbing : Agung Murti Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.  
 Periode Skripsi : Semester Genap 2017-2018  
 Alamat Email : [bahhhhr@gmail.com](mailto:bahhhhr@gmail.com)

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
10 Juli 2018	1	10%	
	2		
	3		

Malang, 10 Juli 2018  
 Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Agung Murti Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.  
 NIP. 19740915 200012 1 001

Kepala Laboratorium  
 Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA  
 NIP.19531231 198403 1 009

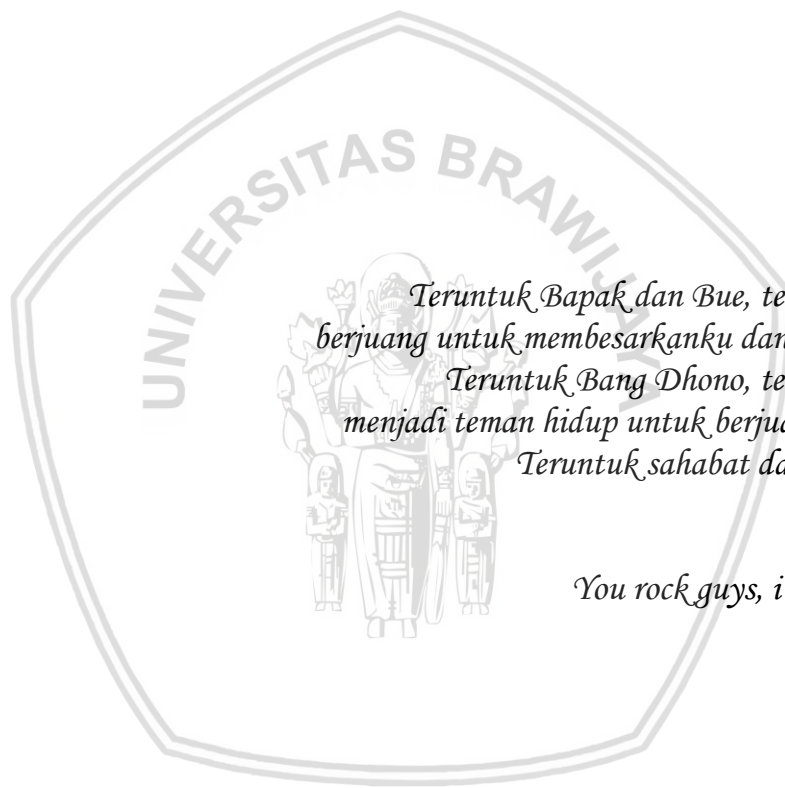
**Keterangan:**

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas dan Sertifikat Bebas Plagiasi









*Teruntuk Bapak dan Bue, terimakasih telah  
berjuang untuk membesarkanku dan menyayangiku  
Teruntuk Bang Dhono, terimakasih telah  
menjadi teman hidup untuk berjuang di dunia ini  
Teruntuk sahabat dan teman-teman*

*You rock guys, i do love you all.*





## RINGKASAN

**Muhammad Syamsul Bahri**, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Kinerja Termal Selubung Bangunan pada Gedung Kuliah Universitas Multimedia Nusantara (UMN) Serpong*, Dosen Pembimbing: Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D.

Pemanasan global yang terjadi saat ini berdampak pada peningkatan penggunaan energi bangunan. Penggunaan energi pada bangunan didominasi 35% untuk penghawaan buatan dan 20% untuk pencahayaan buatan. Salah satu bangunan di Indonesia yang menanggapi permasalahan penggunaan penghawaan buatan dalam kaitannya dengan pengurangan konsumsi energi tersebut yakni UMN. UMN memaksimalkan penggunaan penghawaan alami sebagai pengurangan penghawaan buatan dengan menggunakan *double skin facade* dan *breathing wall* pada selubung bangunannya. Namun pada pelaksanaannya terdapat permasalahan yakni seluruh ruang dalam masih menggunakan AC, hal ini berpengaruh terhadap penggunaan energi dan kurang maksimalnya penggunaan selubung bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja termal yang dibentuk oleh selubung bangunan UMN dan mengetahui rekomendasi desain yang tepat untuk mengoptimalkan kinerja termal selubung bangunan UMN. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif (analisis visual) dan kuantitatif (pengukuran data termal). Pengolahan hasil penelitian menggunakan metode eksperimental dengan analisis simulasi pada *Software Ecotect 2011*. Pengumpulan data dilakukan pada 7-9 Februari 2018 pada jam operasional yakni 07.00 – 17.00 WIB.

Hasil pengukuran lapangan pada penelitian ini menunjukkan bahwa gedung kuliah C UMN masih masuk ke dalam kategori panas menurut SNI-03-6572-2001 dan suhu nyaman Kota Tangerang. Suhu pada *double skin facade* mencapai rata-rata 30,07 °C, ruang kelas 31,45 °C dan koridor dalam 31,51° C. Sehingga perlu diketahui rekomendasi desain yang tepat dengan menggunakan model simulasi pada *Software Ecotect 2011*. Hasil rekomendasi desain ini menunjukkan bahwa suhu *double skin facade* turun menjadi 26,91 °C, ruang kelas 25,77 °C dan koridor dalam 26,51°C. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pada rekomendasi desain dapat turun ke dalam suhu nyaman optimal dan suhu hangat nyaman menurut SNI-03-6572-2001. Hasil rekomendasi desain ini juga menunjukkan terdapat pengurangan rata-rata radiasi matahari pada selubung bangunan dari 247,24 Wh/m<sup>2</sup> menjadi 100,99 Wh/m<sup>2</sup>. Sedangkan untuk peningkatan kecepatan angin dan penurunan kelembaban mengacu pada penelitian Nugroho *et al.* (2007), sehingga menggunakan strategi *cross ventilation* dan memperkecil *air gap*.

Kata kunci: kinerja termal, penghawaan alami, UMN, *breathing wall*, *double skin facade*.



## SUMMARY

**Muhammad Syamsul Bahri**, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2018, *Thermal Performance of Multimedia Nusantara University's Building Surface in Serpong*, Academic Supervisor: Agung Nugroho Murti, ST., MT., Ph.D.

*The current global warming has resulted in increased energy use of the building. Energy use in buildings is dominated 35% for active cooling and 20% for artificial lighting. One of the buildings in Indonesia that responds to the problem of active cooling system connecting to the reduction of energy consumption is Multimedia Nusantara University (UMN). UMN maximize the use of the passive cooling by using double skin facade and breathing wall as a building surface. However, there are problems in this building like the entire rooms using air conditioner, it affects the consumption of energy and optimal use of the building envelope. This study aims to determine the thermal performance designed by UMN and to determine the proper design to optimize thermal performance at UMN. This study used qualitative research method (visual analysis) and quantitative method (measurement of thermal data). The results research was processed with experimental method with simulation analysis on Software Ecotect 2011. Data collection was conducted on 7-9 February 2018 on the operating hours of 7 a.m. to 17:00 pm.*

*The results of field measurements in this study showed that the UMN's building still fit into hot categories according to the SNI-03-6572-2001 and Tangerang City's comfortable temperature. Double skin facade's average temperatures reaching 30.07 °C, classrooms reaching 31.45°C and corridors 31.51° C. From the temperatures measurement, the building needs to be identified the exact design using simulation models in Software Ecotect 2011. The recommendations of this design shows that the temperature of the double skin facade fell to 26.91 °C, classrooms fell 25.77 °C and corridors 26,51°C. This indicates that the temperature on the recommendation of the design can be dropped into a comfortable temperature optimum and comfortable warm temperatures by SNI-03-6572-2001. The recommendations of this design also showed that there was an average reduction of solar radiation on the building envelope of 247.24 Wh / m<sup>2</sup> into 100.99 Wh / m<sup>2</sup>. As for the increase in wind speed and humidity refers to the decrease in research Nugroho et al. (2007), so using a strategy of cross ventilation and reduce air gap.*

**Keywords:** thermal performance, passive cooling, UMN, breathing wall, double skin facade.





## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah dan karunia-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Terima kasih penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah memberi bantuan serta dukungan, yaitu:

1. Bapak, Ibuee dan Dhono yang selalu dirindukan setiap merantau ke Malang. Serta keluarga lain yang selalu menyebut nama penulis dalam setiap doa dan ada kapanpun penulis membutuhkan
2. Bapak Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu memberikan saran dan pengarahan kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan baik.
3. Bapak Beta Suryokusumo S. S,T., M.T dan Bapak Ir. Jusuf Thojib, MSA selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Eryani Nurma Yulita, ST., MT selaku dosen pembimbing akademik yang selalu mengarahkan dan memberikan saran kepada penulis selama perkuliahan dari awal hingga akhir.
5. Seluruh dosen dan staff Jurusan Arsitektur yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang berharga selama perkuliahan
6. Arik Aprilla Putra yang telah membantu penulis untuk mendapatkan izin survei hingga bersedia membantu melengkapi kekurangan skripsi penulis
7. Carissa Serika Larasati yang telah menjadi teman hidup penulis selama perkuliahan dan menjadi yang terbaik selama penulis hidup. Semoga cepat menyusul ST-nya!
8. “Pukon” (Ratih, Arik dan Elisa) yang telah menjadi sahabat terbaik dan selalu menemani penulis dalam keadaan apapun. Semoga persahabatan kita abadi.
9. “Anti-watjana” (Amira, Arya, Alma, Ayu, Dewi, Ivan dan Rama) yang telah membuat saya bersyukur kuliah di Malang dan dipertemukan oleh mereka.
10. “Genk-starnus” (Adam, Alf, Laras, Zahrina dan Afni) yang meskipun sudah jadi wacana kalo ngumpul, tapi terimakasih telah menjadi kelompok matkul abadi selama perkuliahan.

11. Teman-teman seperjuangan bimbingan Pak Agung (Afni, Alfi, Jeje, Fikran dan Lita) yang menjadi team kooperatif selama berjuang untuk skripsi.
12. “Arsitektur-2014” dan “KBMA” yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih telah menjadi keluarga kedua selama di Malang.
13. “HMA FT-UB” yang telah menjadi wadah penulis untuk berkembang dalam organisasi selama 4 tahun perkuliahan
14. “Kementerian Dagri EM-UB” dan “Komisi Internal BEM FT-UB” yang telah memberikan banyak pengalaman, pelajaran dan kesibukan proker selama menjadi mahasiswa organisatoris.
15. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan agar penulisan kedepannya dapat lebih baik. Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan bermanfaat kepada semua pihak yang membaca.

Malang, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	5
1.6 Manfaat Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	5
1.8 Kerangka Pemikiran .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Tinjauan Perguruan Tinggi .....	9
2.1.1 Definisi Perguruan Tinggi .....	9
2.1.2 Universitas .....	9
2.1.3 Fasilitas Universitas .....	10
2.2 Tinjauan Iklim .....	11
2.2.1 Iklim Tropis .....	11
2.2.2 Iklim Kota Tangerang .....	12
2.3 Tinjauan Kinerja Termal .....	13
2.3.1 Kinerja Termal Lingkungan .....	14
2.3.2 Kinerja Termal <i>Passive Cooling</i> .....	15
2.3.3 Kinerja Termal Bangunan .....	18
2.4 Tinjauan Kinerja Termal berdasarkan Desain Selubung Bangunan .....	22

2.4.1	Bentuk dan Orientasi Bangunan .....	22
2.4.2	Luas Jendela .....	23
2.4.3	Material Kaca .....	25
2.4.4	Peneduh Eksternal .....	25
2.4.5	Reflektor Cahaya ( <i>Lightself</i> ) .....	27
2.4.6	Peneduh Internal .....	28
2.4.7	Dinding .....	28
2.4.8	Atap .....	29
2.5	Tinjauan Selubung Bangunan .....	30
2.5.1	Selubung Bangunan .....	30
2.5.2	Selubung Bangunan Tropis .....	31
2.5.3	Macam-macam Selubung Bangunan Tropis .....	32
2.5.4	<i>Breathing Wall</i> .....	34
2.5.5	<i>Double Skin Facade</i> .....	35
2.6	Metode Simulasi .....	37
2.6.1	Software Ecotec .....	37
2.7	Penelitian Terdahulu .....	38
2.8	Kerangka Teori .....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>41</b>
3.1	Metode Penelitian .....	41
3.2	Lokus dan Fokus Penelitian.....	41
3.2.1	Lokus Penelitian .....	41
3.2.2	Fokus Penelitian .....	42
3.3	Jenis Data .....	42
3.3.1	Data Primer .....	42
3.3.2	Data Sekunder .....	42
3.4	Populasi, Sampel dan Titik Pengukuran .....	43
3.4.1	Populasi .....	43
3.4.2	Sampel .....	43
3.4.3	Titik Pengukuran .....	44
3.5	Variabel Penelitian .....	45
3.5.1	Variabel Bebas .....	46



3.5.2 Variabel Terikat .....	46
3.6 Metode dan Teknik Pengumpulan Data .....	46
3.6.1 Observasi Data Primer .....	46
3.6.2 Observasi Data Sekunder .....	46
3.7 Waktu Penelitian .....	46
3.8 Instrumen Penelitian .....	47
3.9 Kerangka Metode Penelitian .....	48
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
4.1 Kondisi Lokasi Objek Penelitian .....	49
4.1.1 Kondisi Geografis Lokasi Objek Penelitian .....	49
4.1.2 Kondisi Iklim Lokasi Objek Penelitian .....	50
4.1.3 Suhu Nyaman Kota Tangerang.....	52
4.2 Gambaran Umum Universitas Multimedia Nusantara .....	53
4.2.1 Penjelasan Objek Penelitian .....	53
4.2.2 Kondisi Lingkungan .....	55
4.2.3 Konsep Perancangan Universitas Multimedia Nusantara .....	55
4.2.4 Denah, Potongan dan Tampak Bangunan .....	56
4.2.5 Selubung Bangunan pada Universitas Multimedia Nusantara ...	60
4.3 Analisis Visual .....	61
4.3.1 Bentuk dan Orientasi Bangunan .....	61
4.3.2 Pembayangan Lingkungan Sekitar dan Bangunan .....	64
4.3.3 Selubung Bangunan Ruang Kelas .....	79
4.4 Data Hasil Pengukuran .....	80
4.4.1 Analisis Hasil Pengukuran Lingkungan .....	81
4.4.2 Analisis Hasil Pengukuran pada Lantai 2.....	84
4.4.3 Analisis Hasil Pengukuran pada lantai 6 .....	88
4.4.4 Analisis Hasil Pengukuran pada Lantai 11 .....	92
4.4.5 Analisis Suhu <i>Double Facade</i> .....	95
4.4.6 Analisis Suhu Koridor Bangunan .....	96
4.5 Model Simulasi Bangunan .....	97
4.6 Validasi Hasil Simulasi .....	101
4.6.1 Validasi Hasil Simulasi Lantai 2 .....	102

4.6.2	Validasi Hasil Simulasi Lantai 6 .....	103
4.6.3	Validasi Hasil Simulasi Lantai 11 .....	104
4.7	Modifikasi Kinerja Termal Selubung Bangunan .....	105
4.7.1	Modifikasi Jarak pada <i>Double Facade</i> .....	106
4.7.2	Modifikasi Material <i>Outer Double Facade</i> .....	112
4.7.3	Modifikasi Material <i>Inner Double Facade</i> .....	119
4.7.4	Modifikasi Selubung Bangunan Ruang Kelas .....	122
4.8	Hasil Akhir.....	131
4.8.1	Hasil Akhir Desain Bangunan.....	131
4.8.2	Hasil Akhir Suhu Bangunan.....	133
4.8.3	Hasil Akhir Kelembaban dan Kecepatan Angin Bangunan .....	134
4.8.4	Hasil Akhir Radiasi Matahari.....	136
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>138</b>
5.1	Kesimpulan .....	138
5.2	Saran .....	140
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kondisi Iklim Kota Tangerang.....	13
Tabel 2.2	Standar Temperatur Udara .....	19
Tabel 2.3	Standar Kelembaban Udara.....	20
Tabel 2.4	Standar Kecepatan Angin.....	21
Tabel 2.5	Pergerakan Udara dan Pengaruhnya pada Sensasi .....	21
Tabel 2.6	Jenis Material Kaca .....	25
Tabel 2.7	<i>U-Value</i> Bahan Bangunan menurut SNI 03-6389-200.....	28
Tabel 2.8	<i>U-Value</i> Material Atap Bangunan.....	29
Tabel 2.9	Elemen Simulasi Ecotect.....	37
Tabel 2.10	Penelitian Terdahulu.....	38
Tabel 4.1	Data Iklim Kota Tangerang 2013-2017.....	52
Tabel 4.2	Pembayangan Lingkungan Sekitar (21 Maret) .....	66
Tabel 4.3	Pembayangan Lingkungan Sekitar (22 Juni) .....	67
Tabel 4.4	Pembayangan Lingkungan Sekitar (22 Desember) .....	67
Tabel 4.5	Pembayangan Lingkungan Sekitar (9 Februari) .....	68
Tabel 4.6	Validasi Pembayangan .....	69
Tabel 4.7	Pembayangan Bangunan 21 Maret Pukul 08.00 .....	70
Tabel 4.8	Pembayangan Bangunan 22 Juni Pukul 08.00 .....	71
Tabel 4.9	Pembayangan Bangunan 22 Desember Pukul 08.00.....	72
Tabel 4.10	Pembayangan Bangunan 21 Maret Pukul 12.00 .....	72
Tabel 4.11	Pembayangan Bangunan 22 Juni Pukul 12.00 .....	73
Tabel 4.12	Pembayangan Bangunan 22 Desember Pukul 12.00.....	74
Tabel 4.13	Pembayangan Bangunan 21 Maret Pukul 16.00 .....	75
Tabel 4.14	Pembayangan Bangunan 22 Juni Pukul 16.00 .....	75
Tabel 4.15	Pembayangan Bangunan 22 Desember Pukul 16.00.....	76

Tabel 4.16	Pembayaran Bangunan saat Penelitian.....	78
Tabel 4.17	Kondisi Buka Eksisting.....	79
Tabel 4.18	Validasi Hasil Simulasi Lantai 2.....	102
Tabel 4.19	Validasi Hasil Simulasi Lantai 6.....	103
Tabel 4.20	Validasi Hasil Simulasi Lantai 11.....	104
Tabel 4.21	Analisis Hasil Pengukuran dan Simulasi .....	105
Tabel 4.22	Hasil Simulasi DF 0,2 m.....	107
Tabel 4.23	Hasil Simulasi DF 0,5 m.....	108
Tabel 4.24	Hasil Simulasi DF 1 m.....	109
Tabel 4.25	Hasil Simulasi DF 1,5 m.....	110
Tabel 4.26	Hasil Simulasi DF 2 m.....	111
Tabel 4.27	Perbandingan Modifikasi Jarak <i>Double Facade</i> .....	112
Tabel 4.28	<i>U-Value</i> Bahan Bangunan menurut SNI 03-6389-200 .....	113
Tabel 4.29	<i>U-Value</i> Material Lain .....	114
Tabel 4.30	Hasil Simulasi Material Outer ACP.....	114
Tabel 4.31	Hasil Simulasi Material Outer Tembaga.....	116
Tabel 4.32	Hasil Simulasi Material Outer <i>Stainless Steel</i> .....	117
Tabel 4.33	Perbandingan Modifikasi Material <i>Outer Double Facade</i> .....	118
Tabel 4.34	Hasil Simulasi Material Inner Dinding Beton.....	119
Tabel 4.35	Hasil Simulasi Material Inner Dinding Bata Ringan .....	121
Tabel 4.36	Perbandingan Modifikasi Material Inner Double Facade .....	122
Tabel 4.37	Referensi Material Kaca .....	125
Tabel 4.38	Perbandingan Modifikasi Panjang <i>Overhang</i> .....	127
Tabel 4.39	Hasil Simulasi Selubung Bangunan Ruang Kelas .....	129
Tabel 4.40	Perbandingan Modifikasi Selubung Ruang Kelas .....	130
Tabel 4.41	Perbandingan Desain Eksisting dan Rekomendasi .....	131
Tabel 4.42	Perbandingan Seluruh Modifikasi.....	133



Tabel 4.43 Kelembaban dan Kecepatan Angin Optimum.....	134
Tabel 4.44 Kelembaban dan Kecepatan Angin Lantai 11.....	135





Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerangka Pemikiran .....	7
Gambar 2.1	Koridor <i>Double Loaded</i> .....	11
Gambar 2.2	Koridor <i>Single Loaded</i> .....	11
Gambar 2.3	Perpindahan Termal Lingkungan dan Bangunan .....	14
Gambar 2.4	Prinsip Pergerakan Udara Mengalirkan Panas .....	15
Gambar 2.5	Kontrol Surya pada Selubung dan Orientasi Bangunan .....	17
Gambar 2.6	Prinsip Kinerja Massa Termal .....	17
Gambar 2.7	Prinsip Ventilasi Silang .....	18
Gambar 2.8	Prinsip Ventilasi <i>Stack</i> .....	18
Gambar 2.9	Prinsip Ventilasi <i>Night Flushing</i> .....	18
Gambar 2.10	Pendinginan Evaporatif .....	18
Gambar 2.11	Perbedaan Aliran Udara Massa Bangunan .....	22
Gambar 2.12	Bentuk Bangunan Memanjang Barat ke Timur .....	23
Gambar 2.13	Proporsi Orientasi Optimum pada Bangunan .....	23
Gambar 2.14	Pengaruh Dimensi <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i> .....	24
Gambar 2.15	Tipe Jendela dan Kemampuan Aliran Udara.....	24
Gambar 2.16	Jenis Peneduh Eksternal Generik: Overhang.....	25
Gambar 2.17	Jenis Peneduh Eksternal Generik: Sirip Vertikal .....	26
Gambar 2.18	Jenis Peneduh Eksternal Generik: Eggcrate .....	26
Gambar 2.19	Pengaruh peletakkan <i>overhang</i> .....	26
Gambar 2.20	Solusi peletakkan <i>overhang</i> .....	27
Gambar 2.21	Kinerja Tipikal Reflektor Cahaya.....	27
Gambar 2.22	<i>Curtain Wall</i> Jenis Rangka Aluminium.....	32
Gambar 2.23	Jenis <i>Double Skin Facade</i> .....	33

Gambar 2.24	Selubung Bangunan <i>Triple Skin Facade</i> .....	33
Gambar 2.25	Mekanisme Sederhana <i>Breathing Wall</i> .....	34
Gambar 2.26	Sirkulasi Udara pada <i>Breathing Wall</i> .....	35
Gambar 2.27	Komponen <i>Double Skin Facade</i> .....	36
Gambar 2.28	Jenis Sirkulasi <i>Double Skin Facade</i> .....	36
Gambar 2.24	Kerangka Teori.....	40
Gambar 3.1	Sampel Lantai pada Objek Penelitian .....	43
Gambar 3.2	Titik Pengukuran Lantai 2 .....	44
Gambar 3.3	Titik Pengukuran Lantai 6 .....	44
Gambar 3.4	Titik Pengukuran Lantai 11 .....	45
Gambar 3.5	Titik Pengukuran Lingkungan Lantai 1 .....	45
Gambar 3.6	Kerangka Metode Penelitian .....	48
Gambar 4.1	Peta Kota Tangerang .....	49
Gambar 4.2	Grafik Suhu Rata-Rata Kota Tangerang .....	50
Gambar 4.3	Suhu Bulanan Kota Tangerang 2013-2017 .....	51
Gambar 4.4	Suhu Nyaman Kota Tangerang 2013-2017 .....	53
Gambar 4.5	Masterplan UMN.....	54
Gambar 4.6	Gedung Kuliah C UMN .....	54
Gambar 4.7	Siteplan UMN .....	55
Gambar 4.8	Gedung A dan B UMN.....	56
Gambar 4.9	Lantai 1 Gedung C UMN .....	56
Gambar 4.10	Suasana Kantin UMN pada Lantai 1 .....	57
Gambar 4.11	Denah Lantai Typical 2,4-11 Gedung C UMN .....	57
Gambar 4.12	Denah Lantai 3 Gedung C UMN.....	58
Gambar 4.13	Taman Lantai 3 UMN .....	58
Gambar 4.14	Denah Lantai 12 Gedung C UMN.....	59
Gambar 4.15	<i>Skystar Ventures</i> UMN.....	59



Gambar 4.16	Potongan Gedung C UMN .....	59
Gambar 4.17	Tampak Utara dan Selatan Gedung C UMN .....	60
Gambar 4.18	Pola <i>Breathing Wall</i> UMN .....	61
Gambar 4.19	<i>Breathing Wall</i> UMN .....	61
Gambar 4.20	Perbedaan Aliran Udara Massa Bangunan .....	62
Gambar 4.21	Bentuk dan Pola Sirkulasi Angin pada Bangunan .....	62
Gambar 4.22	Bentuk Massa Bangunan .....	62
Gambar 4.23	Orientasi dan Perbandingan Luas Bangunan .....	63
Gambar 4.24	Orientasi Bangunan Gedung C UMN .....	63
Gambar 4.25	Gedung A dan B UMN .....	64
Gambar 4.26	SMP Islam Al-Azhar 41 .....	64
Gambar 4.27	PT. Tamiya .....	65
Gambar 4.28	Kantor Pelayanan Pajak Tigaraksa .....	65
Gambar 4.29	Perkantoran Regus .....	65
Gambar 4.30	Summarecon Digital Center .....	65
Gambar 4.31	Bez Plaza .....	66
Gambar 4.32	Grafik Suhu Ruang Luar .....	77
Gambar 4.33	Denah Lantai Typical .....	79
Gambar 4.34	Titik Pengukuran Area Lingkungan .....	81
Gambar 4.35	Grafik Suhu Lingkungan .....	81
Gambar 4.36	Grafik Kelembaban Lingkungan .....	82
Gambar 4.37	Grafik Kecepatan Angin Lingkungan .....	83
Gambar 4.38	Visualisasi Radiasi Matahari Eksisting .....	83
Gambar 4.39	Solar Insulation Per-Jam .....	84
Gambar 4.40	Titik Pengukuran Lantai 2 .....	84
Gambar 4.41	Grafik Suhu Lantai 2 .....	85
Gambar 4.42	Grafik Kinerja Selubung Bangunan Lantai 2 .....	86

Gambar 4.43	Grafik Kelembaban Lantai 2 .....	87
Gambar 4.44	Grafik Kecepatan Angin Lantai 2 .....	88
Gambar 4.45	Titik Pengukuran Lantai 6 .....	88
Gambar 4.46	Grafik Suhu Lantai 6 .....	89
Gambar 4.47	Grafik Kinerja Selubung Bangunan Lantai 6 .....	90
Gambar 4.48	Grafik Kelembaban Lantai 6 .....	91
Gambar 4.49	Grafik Kecepatan Angin Lantai 6 .....	91
Gambar 4.50	Titik Pengukuran Lantai 11 .....	92
Gambar 4.51	Grafik Suhu Lantai 11 .....	93
Gambar 4.52	Grafik Kinerja Selubung Bangunan Lantai 11 .....	93
Gambar 4.53	Grafik Kelembaban Lantai 11 .....	94
Gambar 4.54	Grafik Kecepatan Angin Lantai 11 .....	95
Gambar 4.55	Grafik Analisis Suhu Double Facade .....	96
Gambar 4.56	Grafik Analisis Suhu Koridor .....	96
Gambar 4.57	Simulasi Ruang pada Lantai 2 .....	97
Gambar 4.58	Simulasi Ruang pada Lantai 6 .....	98
Gambar 4.59	Simulasi Ruang pada Lantai 11 .....	98
Gambar 4.60	Detail dan Spesifikasi Material Dinding .....	99
Gambar 4.61	Detail dan Spesifikasi Material Jendela .....	99
Gambar 4.62	Detail dan Spesifikasi Material Pintu .....	99
Gambar 4.63	Detail dan Spesifikasi Material Lantai .....	100
Gambar 4.64	Detail dan Spesifikasi Material Plafon .....	100
Gambar 4.65	Detail dan Spesifikasi Material Selubung Bangunan .....	101
Gambar 4.66	Komponen Double Facade .....	106
Gambar 4.67	Model Digital Modifikasi Jarak Double Facade 0,2 m .....	107
Gambar 4.68	Model Digital Modifikasi Jarak Double Facade 0,5 m .....	108
Gambar 4.69	Model Digital Modifikasi Jarak Double Facade 1 m .....	109

Gambar 4.70	Model Digital Modifikasi Jarak Double Facade 1,5 m .....	110
Gambar 4.71	Model Digital Modifikasi Jarak Double Facade 2 m .....	111
Gambar 4.72	Detail dan Spesifikasi Material ACP.....	114
Gambar 4.73	Detail dan Spesifikasi Material Tembaga.....	115
Gambar 4.74	Detail dan Spesifikasi Material Stainless Steel .....	117
Gambar 4.75	Detail dan Spesifikasi Material Dinding Beton.....	119
Gambar 4.76	Detail dan Spesifikasi Material Dinding Bata Ringan.....	120
Gambar 4.77	Pintu Multiplek .....	123
Gambar 4.78	Jendela Awning .....	123
Gambar 4.79	Rekomendasi Jendela .....	124
Gambar 4.80	Ventilasi Awning.....	124
Gambar 4.81	Rekomendasi Luas Jendela/Bukaan .....	124
Gambar 4.82	Detail dan Spesifikasi Material Kaca Laminated Glass .....	125
Gambar 4.83	Detail dan Spesifikasi Material Kaca Double Glass Low-E.....	126
Gambar 4.84	Jenis Peneduh Eksternal Generik: Overhang.....	126
Gambar 4.85	Jenis Peneduh Eksternal Generik: Sirip Vertikal dan Eggcrate .....	127
Gambar 4.86	Rekomendasi Peneduh Eksternal.....	128
Gambar 4.87	Reflektor Cahaya dengan Overhang.....	128
Gambar 4.88	Gorden Horisontal .....	129
Gambar 4.89	Peneduh Internal; Gorden .....	129
Gambar 4.90	Kecepatan Angin Optimal untuk Kenyaman Ventilasi .....	135
Gambar 4.91	Visualisasi Radiasi Matahari Hasil Rekomendasi .....	136
Gambar 4.92	Solar Insulation Per-Jam.....	137



Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 *Issue* Mengenai UMN sebagai Bangunan Hemat Energi
- Lampiran 2 Denah UMN Lantai 1 Gedung C
- Lampiran 3 Denah UMN Lantai 3 Gedung C
- Lampiran 4 Denah UMN Lantai 7 Gedung C
- Lampiran 5 Denah UMN Lantai 12 Gedung C
- Lampiran 6 Hasil Simulasi Sampel Lantai 2
- Lampiran 7 Hasil Simulasi Sampel Lantai 6
- Lampiran 8 Hasil Simulasi Sampel Lantai 11
- Lampiran 9 Rekomendasi Jarak Facade 0,5 m
- Lampiran 10 Rekomendasi *Outer* Material ACP
- Lampiran 11 Rekomendasi *Inner* Material Dinding Bata Ringan
- Lampiran 12 Rekomendasi Selubung Bangunan Ruang Kelas
- Lampiran 13 Radiasi Matahari pada Bangunan Eksisting
- Lampiran 14 Radiasi Matahari pada Bangunan Rekomendasi





Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pemanasan global yang terjadi saat ini meningkat cukup signifikan setiap tahunnya. Selain berdampak pada iklim dan cuaca, pemanasan global ini berdampak juga pada peningkatan penggunaan energi pada bangunan. Temperatur daerah yang meningkat setiap tahunnya membuat sebuah bangunan harus mengkonsumsi energi yang lebih banyak agar dapat menjaga kondisi bangunan tersebut tetap nyaman. Menurut Program Lingkungan PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) pada tahun 2015, bangunan mengonsumsi 40% energi, 25% air dan 40% sumber daya di dunia. Hal ini membuat bangunan dinilai sebagai pemakan energi terbesar di dunia tak terkecuali di Indonesia.

Untuk mengurangi konsumsi energi berlebih tersebut, pemerintah Indonesia melakukan beberapa tindakan. Salah satu tindakan yang diambil pemerintah terkait dengan konsumsi energi bangunan tersebut yakni dengan mengeluarkan Peraturan Menteri PUPR Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau. Peraturan ini mewajibkan setiap gedung yang akan dibangun dengan ketinggian  $\geq 2$  lantai dan luas total lantai lebih dari 5.000 m<sup>2</sup> wajib (*mandatory*) mengikuti persyaratan bangunan gedung hijau. Peraturan ini berlaku untuk seluruh bangunan baru maupun bangunan yang telah dimanfaatkan. Selain itu, Kementerian PUPR (Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) menyatakan bahwa salah satu bangunan yang didorong untuk menerapkan *green building* yakni bangunan perguruan tinggi. Perguruan tinggi didorong lebih dalam pada hal ini karena merupakan salah satu wadah yang akan menciptakan inovasi baru khususnya dalam sektor konstruksi dan perancangan bangunan. Sehingga bangunan pada perguruan tinggi diharapkan dapat menjadi tolak ukur dalam pengembangan bangunan *green building*. (<https://www.pu.go.id/berita/view/9533/kementerian-pupr-dorong-perguruan-tinggi-ciptakan-kawasan-green-campus>, 2015). Peraturan ini merupakan salah satu upaya pemerintah dalam mewujudkan penyelenggaraan bangunan berkelanjutan yang efisien dalam penggunaan energi

Penggunaan energi pada bangunan umumnya digunakan pada aspek penghawaan, pencahayaan dan alat elektronik lain. Vidiyanti (2015) menyatakan bahwa konsumsi energi operasional terbesar di bangunan pada umumnya sekitar 35% pemakaian sistem penghawaan buatan dan 20% pencahayaan buatan. Hal ini menunjukkan bahwa pemakaian sistem penghawaan buatan merupakan salah satu konsumsi energi terbesar pada bangunan. Namun pada hakikatnya penggunaan penghawaan buatan ini dapat diminimalisir dengan memaksimalkan penghawaan alami. Penghawaan alami merupakan pemanfaatan sistem sirkulasi udara dan perputaran udara yang masuk kedalam ruangan pada bangunan yang berasal dari alam langsung. Strategi penghawaan alami dapat meminimalkan energi secara signifikan (Aksamija, 2013).

Salah satu perguruan tinggi di Indonesia yang menanggapi permasalahan penggunaan penghawaan alami dalam kaitannya dengan pengurangan konsumsi energi tersebut yakni UMN. UMN atau Universitas Multimedia Nusantara merupakan perguruan tinggi swasta yang terletak di Gading Serpong kota Tangerang. UMN diresmikan pada tahun 2005 dalam naungan Yayasan Multimedia Nusantara yang didirikan oleh Kompas Gramedia. Pada tahun 2012, UMN mendirikan gedung barunya yang bernama *New Media Tower* yang dirancang sebagai bangunan hemat energi. Sejak awal perencanaannya, UMN sudah bertujuan mengusung konsep hemat energi pada bangunannya. Konsep hemat energi pada bangunan ini difokuskan pada pengontrolan panas dan sinar matahari menggunakan selubung bangunan. Selubung bangunan yang digunakan pada bangunan ini yakni *breathing wall* dan *double skin facade*. Selain itu, pada tahun 2016, UMN menanggapi kebijakan pemerintah melalui Peraturan Menteri PUPR Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau sebagai bentuk dukungan terealisasinya peraturan ini. (<http://www.umn.ac.id/green-building-gedung-hemat-energi-solusi-krisis-energi-indonesia/>, 2016)

Pada bangunan UMN ini salah satu solusi permasalahan mengenai penghawaan pada bangunan yakni dengan pemaksimalan fungsi selubung bangunan. Selubung bangunan merupakan salah satu aspek yang mempengaruhi konsumsi energi khususnya termal bangunan. Selubung bangunan yang digunakan pada bangunan ini yakni *breathing wall* pada koridor bangunan dan *double skin facade* pada ruang dalam bangunan. Penghawaan alami pada bangunan ini diterapkan pada lantai 1 dengan tidak adanya dinding sebagai pembatas sehingga sirkulasi udara dapat maksimal. Selain itu penghawaan alami juga diterapkan pada koridor lantai *typical* yakni lantai 2-12 dengan penggunaan *breathing wall*. Hal ini membuat koridor atau ruang sirkulasi pada bangunan tidak membutuhkan penghawaan buatan.

Kemudian penghawaan buatan pada bangunan ini diterapkan pada seluruh ruang kelas, kantor, ruang auditorium dan ruang lainnya. Penghawaan buatan pada ruang tersebut menggunakan AC dengan dominasi penggunaan *AC Central*.

Penghawaan buatan yang digunakan pada bangunan ini cukup disayangkan karena penggunaan *double skin facade* seharusnya dapat lebih menimalisir penggunaan AC tersebut. Selain itu pada siang hari dengan kondisi tanpa angin, *double skin facade* pada bangunan ini terasa hangat. Hal ini sama seperti yang dijelaskan oleh SNI 03- 6389- 2000 bahwa selubung bangunan merupakan elemen utama yang menerima energi panas terbesar. Hal yang mempengaruhi temperatur pada *double skin facade* ini dapat berupa material maupun bukaan yang digunakan. Di sisi lain, gedung kuliah UMN inipun merupakan salah satu inovasi penggunaan selubung bangunan pada bangunan tinggi sebagai tanggapan bangunan hemat energi khususnya termal bangunan. Namun pada penerapannya, selubung bangunan ini masih minim pengaplikasiannya pada bangunan di Indonesia khususnya bangunan instansi perguruan tinggi seperti Universitas.

Berdasarkan beberapa hal yang telah disebutkan diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa permasalahan tersebut dapat mempengaruhi suhu optimal pada bangunan. Penerapan dari *breathing wall* dan *double skin facade* sebagai selubung bangunan serta penghawaan alami ini juga mempengaruhi kenyamanan pengguna di dalam bangunan. Pengaruh dari termal yang diciptakan oleh *breathing wall* dan *double skin facade* ini juga harus diperhatikan lebih. Sehingga, penelitian mengenai kinerja termal selubung bangunan pada gedung kuliah Universitas Multimedia Nusantara ini diharapkan dapat menjadi evaluasi kinerja termal bangunan serta menjadi referensi atau alternatif untuk menggunakan *breathing wall* dan *double skin facade* sebagai tanggapan selubung bangunan yang hemat energi.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang terkait dengan penelitian adalah;

1. Pemanasan global yang saat ini terjadi meningkatkan penggunaan energi bangunan. Salah satu hal yang meningkatkan penggunaan energi tersebut yakni penghawaan buatan. Konsep *breathing wall* yang dapat menjadi solusi permasalahan pemanasan global masih jarang digunakan dan kurang diketahui manfaatnya oleh masyarakat di Indonesia

2. Ruang dalam bangunan khususnya ruang dengan fungsi utama yakni ruang kelas masih menggunakan penghawaan buatan atau AC.
3. *Double skin facade* yang terasa hangat pada siang hari dapat mempengaruhi kondisi termal bangunan.

### 1.3 Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah yang sudah diuraikan, maka didapatkan rumusan masalah penelitian yaitu;

1. Bagaimana kinerja termal yang dibentuk oleh *breathing wall* dan *double skin facade* pada gedung kuliah Universitas Multimedia Nusantara dan pengaruhnya sebagai pendinginan alami?
2. Bagaimana rekomendasi desain yang tepat untuk mengoptimalkan kinerja termal selubung bangunan serta merubah *active cooling* menjadi *passive cooling* pada ruang kelas Universitas Multimedia Nusantara?

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bangunan yang akan diteliti yakni Gedung Kuliah Universitas Multimedia Nusantara yang berada di Gading Serpong.
2. Penelitian dibatasi yakni pada area koridor, area *double facade* dan ruang kelas Gedung Kuliah C Universitas Multimedia Nusantara (UMN). Area koridor dan area *double facade* dipilih karena bersebelahan langsung dengan *breathing wall*. Sedangkan ruang kelas dipilih sebagai fungsi ruang utama pada bangunan.
3. Penelitian ini dibatasi dengan meneliti kinerja termal dari selubung bangunan yang digunakan yakni *breathing wall* dan *double skin facade* baik dari dimensi, bukaan dan material dengan menggunakan pengukuran lapangan dan simulasi tanpa memperhitungkan kebutuhan energi dan biaya.
4. Standar yang digunakan yakni mengacu pada SNI 03- 6389- 2000 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung.



### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kinerja termal yang dibentuk oleh *breathing wall* dan *double skin facade* pada Gedung Kuliah Universitas Multimedia Nusantara dan pengaruhnya sebagai pendinginan alami.
2. Mengetahui rekomendasi desain selubung bangunan yang tepat dari penghawaan *active cooling* menjadi *passive cooling* untuk mengoptimalkan termal pada Gedung Kuliah UMN.

### 1.6 Manfaat Penelitian

1. Akademisi

Dapat memberikan pengetahuan tentang pengaruh kinerja termal dan pendinginan alami yang dihasilkan oleh *breathing wall* dan *double skin facade* sebagai selubung bangunan yang hemat energi.

2. Masyarakat

Dapat menjadi salah satu referensi atau alternatif desain penggunaan *breathing wall* dan *double skin facade* sebagai selubung bangunan.

3. Pihak Universitas

- a. Dapat menjadi bahan evaluasi untuk meninjau kinerja termal yang dihasilkan oleh *breathing wall* dan *double skin facade* sebagai selubung bangunan eksisting.
- b. Dapat memberikan kontribusi berupa hasil evaluasi untuk pembangunan gedung kuliah UMN selanjutnya.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tentang kinerja termal selubung bangunan pada koridor gedung kuliah universitas multimedia nusantara serpong terbagi menjadi beberapa bagian yaitu:

1. BAB I: Pendahuluan

Bab ini berisikan penjelasan secara umum mengenai penelitian yang menyangkut latar belakang pemilihan penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan, dan kerangka pemikiran mengenai selubung bangunan pada gedung kuliah Universitas Multimedia Nusantara.

## 2. BAB II : Tinjauan Pustaka

Pada bagian tinjauan pustaka membahas tentang landasan teori yang menjadi acuan penelitian dalam memecahkan permasalahan yang telah disebutkan pada bab sebelumnya. Landasan teori yang digunakan merupakan teori-teori yang relevan yang berkaitan dengan permasalahan dan tujuan penelitian ataupun memiliki hasil penelitian yang mirip dengan penelitian yang akan dilakukan. Bab ini akan membahas tentang tinjauan perguruan tinggi, iklim, kinerja termal, selubung bangunan, kinerja termal berdasarkan desain selubung bangunan serta penggunaan software sebagai alat simulasi.

## 3. BAB III : Metode Penelitian

Pada bab ini membahas penggunaan metode penelitian yaitu metode penelitian kualitatif sebagai analisis visual dan metode kuantitatif sebagai metode pengumpulan data untuk variabel bebas maupun variabel terikat. Hasil dari pengumpulan data ini akan diolah/analisis secara eksperimental menggunakan *software* simulasi. Serta hasil penelitian akan dijelaskan secara deskriptif. Selain itu penentuan waktu, variabel, jenis data, populasi, sampel, titik pengukuran dan hal-hal yang menyangkut dalam tahapan penelitian ini akan dibahas pada bab ini.

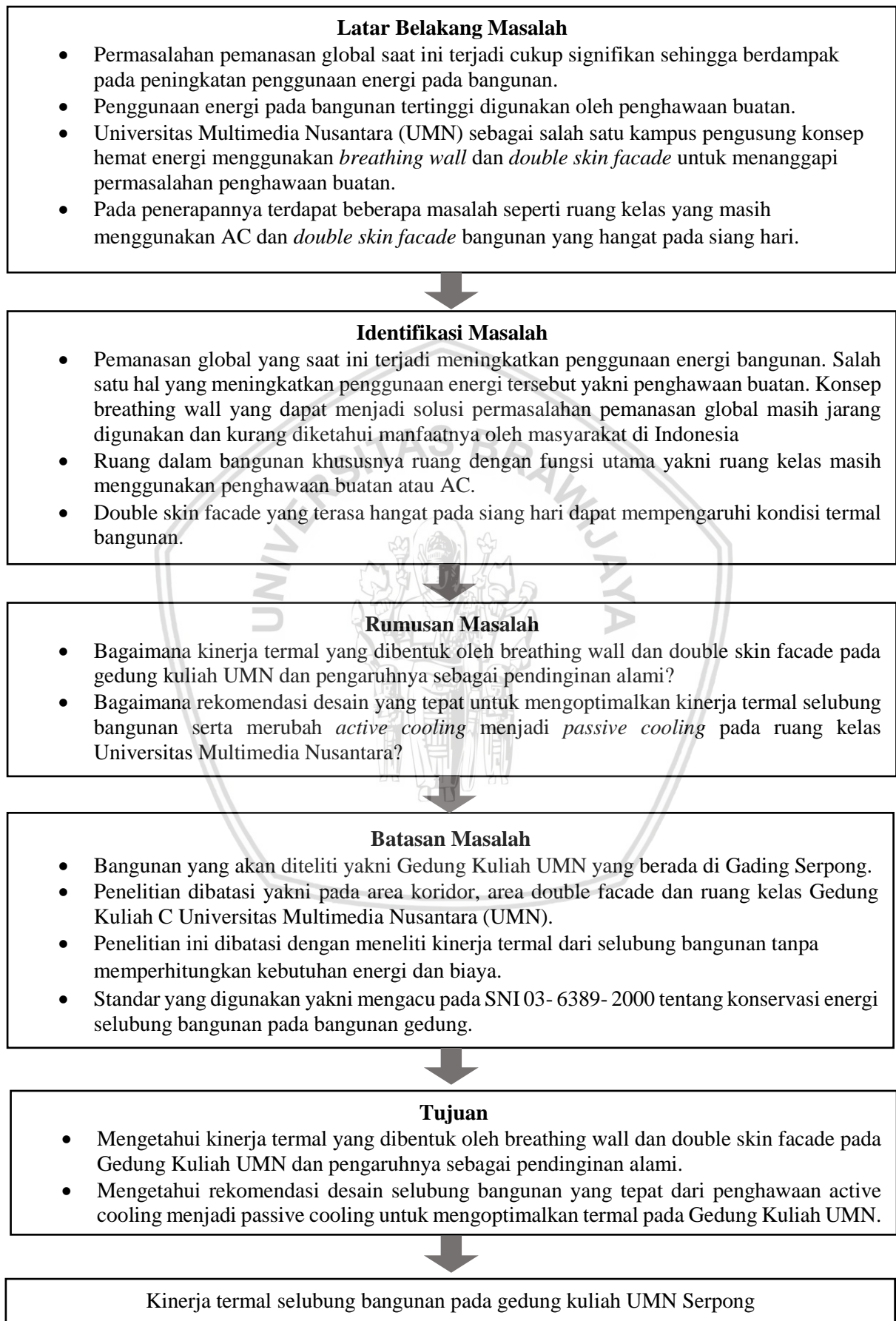
## 4. BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini membahas tentang kondisi lokasi objek penelitian, gambaran umum UMN, analisis visual (bentuk, orientasi, pembayangan dan selubung bangunan) serta analisis pengukuran (suhu, kelembaban dan kecepatan angin). Hasil dari analisis ini akan disimulasikan dan direkomendasikan dengan mengacu pada standar maupun literatur pada bab tinjauan pustaka.

## 5. BAB V : Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil dan pembahasan berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian. Kesimpulan dan saran ini akan berisikan rekomendasi yang tepat untuk selubung bangunan UMN.

## 1.8 Kerangka Pemikiran



Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran



Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Perguruan Tinggi

##### 2.1.1 Definisi Perguruan Tinggi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), perguruan tinggi adalah tempat pendidikan dan pengajaran tingkat tinggi (seperti sekolah tinggi, akademi, universitas). Sedangkan dalam bahasa Inggris adalah *college*, yang berarti sebuah institusi pendidikan tinggi yang diciptakan untuk mendidik dan memberikan gelar; sering menjadi bagian dari universitas.

Menurut Badan Standar Nasional Pendidikan (2011), pendidikan tinggi adalah jenjang pendidikan setelah pendidikan menengah yang mencakup program diploma, program sarjana, program magister, program doktor, program profesi, program spesialis yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi berdasarkan kebudayaan bangsa Indonesia. Perguruan tinggi yang ada di Indonesia menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi yakni universitas, institut, sekolah tinggi, politeknik, akademi dan akademi komunitas.

##### 2.1.2 Universitas

Salah satu jenis perguruan tinggi di Indonesia yakni Universitas. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Universitas adalah sebuah perguruan tinggi yang terdiri atas sejumlah fakultas yang menyelenggarakan pendidikan ilmiah dan/atau profesional dalam sejumlah disiplin ilmu tertentu. Sedangkan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi, universitas merupakan perguruan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan akademik dan dapat menyelenggarakan pendidikan vokasi dalam berbagai rumpun ilmu pengetahuan dan/atau teknologi dan jika memenuhi syarat, universitas dapat menyelenggarakan pendidikan profesi.



### 2.1.3 Fasilitas Universitas

Dalam pelaksanaan pendidikan tinggi, setiap universitas wajib memiliki sarana dan prasana yang sesuai dengan Permendikbud Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SNPT) Pasal 38 Tentang Standar Sarana dan Prasarana dalam Tahun 2013. Sarana dan prasarana pada universitas wajib memiliki sarana untuk melaksanakan Tridharma perguruan tinggi yang meliputi; perabot, peralatan pembelajaran, media pembelajaran, buku dan sumber belajar lain, teknologi informasi dan komunikasi, bahan habis pakai, perlengkapan lain yang diperlukan. Sedangkan, prasarana berupa lahan yang wajib dipenuhi paling sedikit untuk: bentuk perguruan tinggi luas lahan universitas yakni 10.000 m<sup>2</sup>.

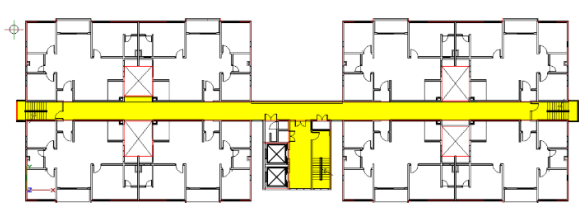
Fasilitas/prasarana wajib yang dimiliki universitas yakni lahan, ruang kelas, ruang pimpinan perguruan tinggi, ruang dosen, ruang tata usaha, ruang perpustakaan, ruang laboratorium, ruang bengkel kerja, ruang unit produksi, ruang kantin dan tempat berolahraga. Dari seluruh fasilitas tersebut, fasilitas yang paling penting adalah ruang kelas. Ruang kelas merupakan ruang dimana proses belajar mengajar dilakukan. Standar ruang kelas menurut Permendikbud Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SNPT) yakni ruang kelas harus disediakan dengan luas paling sedikit 60 m<sup>2</sup> untuk 40 mahasiswa, dilengkapi dengan peralatan penunjang pembelajaran berupa 40 kursi kuliah, meja kursi dosen, papan tulis.

Selain sarana dan prasana yang wajib dimiliki oleh sebuah universitas terdapat pula sarana penunjang untuk universitas. Fasilitas penunjang ini berfungsi sebagai wadah/tempat untuk menunjang aktivitas sekunder para pengguna. Fasilitas penunjang yang ada pada gedung universitas antara lain yakni kantin, tangga darurat, koridor gedung, taman, *ATM center*, toilet/kamar mandi dan lain sebagainya.

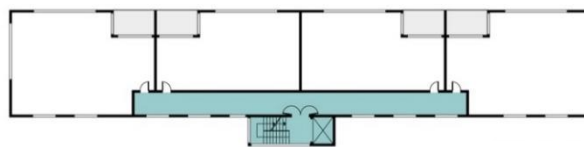
Salah satu fasilitas penunjang dari universitas/gedung kuliah yakni koridor bangunan. Koridor merupakan sebuah ruangan yang berkenan dengan aktivitas sirkulasi untuk mengakomodasi keperluan pengguna bangunan saat ingin mengakses ruang-ruang lain. Menurut Krier (2003) koridor adalah sebuah jalan yang diapit oleh dinding dari sebelah kiri maupun kanan yang merupakan ruang-ruang di sekitar jalan. Jalan dianggap sebagai area komunikasi yang menghubungkan satu titik dengan titik lainnya yang mempunyai fungsi saling terikat satu sama lain. Koridor dalam gedung universitas digunakan sebagai sirkulasi antar ruang kelas maupun ruang lainnya. Selain sebagai sirkulasi antar ruang juga sebagai tempat interaksi antar civitas akademika.

Koridor dalam bangunan terbagi menjadi dua jenis yakni koridor single loaded dan koridor double loaded. Koridor single loaded merupakan koridor yang berfungsi untuk mengakses satu bagian sisi ruang saja dalam artian hanya diapit oleh satu sisi bangunan saja.

Kemudian, koridor double loaded merupakan koridor yang dipakai untuk menuju dua ruang atau lebih dalam artian koridor ini diapit oleh dua sisi bangunan.



Gambar 2.1 Koridor *Double Loaded*  
Sumber: *google image*, 2017



Gambar 2.2 Koridor *Single Loaded*  
Sumber: *google image*, 2017

## 2.2 Tinjauan Iklim

Iklim merupakan integrasi antara waktu dan kondisi fisik lingkungan atmosfer berdasarkan karakteristik letak geografis (Koenigsberger *et al.*, 2013). Terdapat 2 jenis iklim berdasarkan ruang lingkungannya, yaitu iklim makro dan iklim mikro. Iklim makro adalah iklim yang berada pada ruang lingkup global, ruang lingkup regional dan ruang lingkup lokal. Iklim mikro adalah iklim yang berada pada lapisan udara dekat permukaan bumi dengan ruang lingkup terbatas, seperti ruang pada bangunan dan ruang di sekitar bangunan (Darmawan, 2008). Iklim di dunia ini terdapat 4 jenis berdasarkan pengaruh dari cahaya matahari yakni iklim tropis, iklim sub-tropis, iklim sedang dan iklim dingin. Indonesia sendiri masuk ke dalam iklim tropis.

### 2.2.1 Iklim Tropis

Iklim tropis adalah iklim dimana panas merupakan permasalahan utama dalam setiap tahunnya, sehingga selalu diperlukan upaya untuk melakukan pendinginan atau penurunan suhu. Rata-rata suhu pada iklim tropis tiap tahunnya tidak kurang dari 20 °C (Koenigsberger *et al.*, 2013). Iklim tropis dibagi menjadi dua kategori bagian wilayah yakni iklim tropis kering dan iklim tropis lembab. Kondisi iklim tropis kering ditandai dengan adanya padang pasir yang dominan diikuti oleh munculnya stepa serta savanna kering hujan yang turun lebat tiba-tiba. Kondisi curah hujan pada iklim ini umumnya minim dan kondisi suhu pada siang hari tinggi menyebabkan potensi penguapan yang tinggi. Hal ini berbeda dengan kondisi iklim tropis lembab yang ditandai dengan adanya savana lembab, temperatur udara yang sama di tiap tahunnya dan kelembaban udara yang tinggi.

Indonesia sendiri masuk ke dalam salah satu negara beriklim tropis lembab. Indonesia berada pada garis lintang  $11^{\circ}$  LU -  $6^{\circ}$  LS dan  $95^{\circ}$  -  $141^{\circ}$  BT. Kondisi suhu di Indonesia berkisar antara  $26 - 38^{\circ}\text{C}$  pada musim kemarau dan  $20 - 29^{\circ}\text{C}$  pada musim hujan. Radiasi dari matahari pada wilayah tropis lembab sangat tinggi dan terkadang membuat kondisi kurang nyaman. Indonesia sendiri memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu mencapai 3000 mm/tahun. Indonesia juga memiliki tingkat kelembaban yang tinggi namun tidak dengan kecepatan anginnya. Kecepatan angin pada wilayah ini tergolong sangat rendah, yakni hanya berkisar 5m/detik. Berikut ini adalah data mengenai karakteristik iklim tropis lembab (Soegijanto, 1998), antara lain

1. Temperatur udara;
  - Maksimum rata-rata temperatur yakni antara  $27^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$
  - Minimum rata-rata temperatur yakni antara  $20^{\circ}\text{C} - 23^{\circ}\text{C}$
  - Perubahan temperatur harian yakni antara  $8^{\circ}\text{C}$
2. Kelembaban udara rata-rata yakni antara 75% - 80%
3. Curah hujan selama setahun berkisar 1000mm – 5000mm
4. Kondisi langit dominan berawan, dengan jumlah awan antara 60% - 90%
5. Luminance langit untuk langit yang seluruhnya tertutup awan tipis cukup tinggi, ialah dapat mencapai lebih dari 7000 candela / m<sup>2</sup>, sedangkan yang seluruhnya tertutup awan tebal sekitar 850 candela / m<sup>2</sup>
6. Radiasi matahari global harian rata-rata bulanan sekitar 400 Watt / m<sup>2</sup>, dengan perbedaan setiap bulanan-nya kecil
7. Kecepatan angin rata-rata berkisar 2 – 4m / detik

### 2.2.2 Iklim Kota Tangerang

Kota Tangerang merupakan salah satu kota yang berada pada Provinsi Banten. Kota ini terletak tepat di sebelah barat ibu kota negara Indonesia yaitu Kota Jakarta. Secara geografis Tangerang terletak pada koordinat  $6^{\circ} 6' - 6^{\circ} 13'$  Lintang Selatan (LS) dan  $106^{\circ} 36' - 106^{\circ} 42'$  Bujur Timur (BT). Kota Tangerang memiliki luas wilayah sebesar 153,93 km<sup>2</sup> atau sekitar 16,455 Ha. Kota Tangerang memiliki 3 stasiun pengamat meteorologi, yaitu Stasiun Kelas I Tangerang, Stasiun Kelas I Soekarno-Hatta – Tangerang dan Stasiun Kelas III Budiarto - Curug, Tangerang. Dari ketiga stasiun tersebut diambil 1 stasiun yakni Stasiun Kelas I Tangerang sebagai catatan kondisi iklim baik suhu, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara dan curah hujan di Kota Tangerang pada tahun 2012 yakni sebagai berikut;

Tabel 2.1 Kondisi Iklim Kota Tangerang

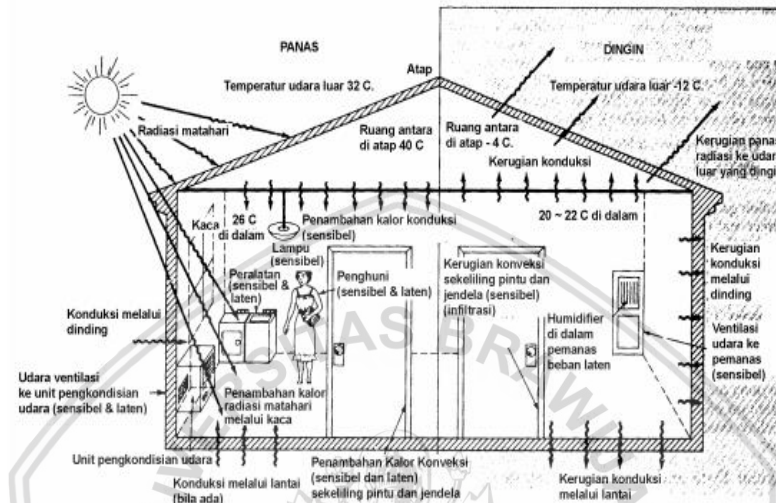
Bulan	Suhu (°C)		Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (knot)	Tekanan Udara (mb)	Penyinaran Matahari (%)
	Maks.	Min.	Rata-rata	Rata-rata	Rata-rata	
<b>Januari</b>	31,4	23,8	83	5,2	1.010,2	39
<b>Februari</b>	32,4	24,1	82	4,5	1.008,3	50
<b>Maret</b>	32	24	80	6,8	1.008,8	51
<b>April</b>	32,4	24,3	81	3,4	1.009,9	51
<b>Mei</b>	32,5	24,5	79	3,7	1.009,0	61
<b>Juni</b>	33,1	24,4	77	3,8	1.009,8	62
<b>Juli</b>	32,7	23,6	76	3,6	1.009,9	72
<b>Agustus</b>	33,1	23,4	72	4,3	1.011,0	87
<b>September</b>	33	23,9	73	4,1	1.011,7	81
<b>Oktober</b>	33,3	24,4	77	2,5	1.010,6	67
<b>November</b>	32,6	24,3	82	2,4	1.009,4	29
<b>Desember</b>	32,9	24,8	83	3,2	1.008,5	38
<b>Rata-rata</b>	24,1	32,6	78,7	3,9	1.009,8	57,4

Sumber : *Tangerang Municipality in Figures 2013*

Rata-rata suhu di Kota Tangerang yakni 27,8 °C pada tahun 2012. Sedangkan rata-rata suhu tertinggi ditemukan pada bulan Juni dengan suhu mencapai 28,1 °C. Kelembaban udara rata-rata di Kota Tangerang berkisar antara 72 – 83%. Kelembaban tertinggi berada pada bulan Januari dan Desember. Selain itu kecepatan angin rata-rata mencapai 3,9 knot. Kecepatan angin tertinggi berada pada bulan Maret yakni mencapai rata-rata 6,8 knot.

### 2.3 Tinjauan Kinerja Termal

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) kinerja adalah sesuatu yang dicapai atau kemampuan kerja. Kinerja termal merupakan kemampuan kerja (sesuatu) untuk mengontrol termal pada bangunan maupun lingkungan.

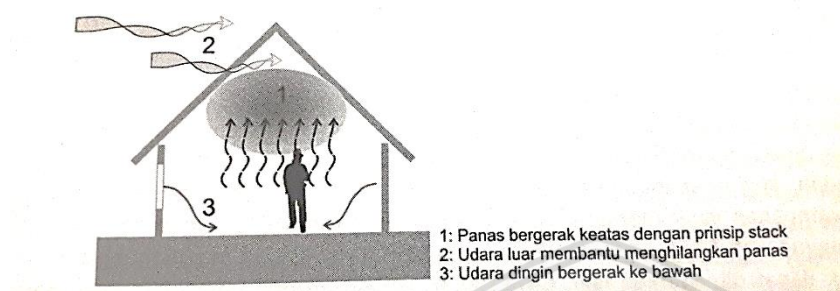


Sumber: *SNI 03-6572-2001*, (2011, p.22)



## 2. Pergerakan udara

Pergerakan udara merupakan prinsip dasar atau acuan dasar perpindahan panas dalam bangunan. Karena sebagian besar panas berpindah dengan cara konveksi dan induksi maka udara yang berpindah akan selalu mengikuti prinsip pergerakan panas dari ruang panas ke dingin/bergerak dari bagian bawah ke bagian atas.



Gambar 2.4 Prinsip Pergerakan Udara Mengalirkan Panas

Sumber: Idham, (2015, p.77)

## 3. Pendinginan

Pendinginan pada bangunan dapat menggunakan sistem penghawaan alami maupun sistem penghawaan buatan. Untuk memaksimalkan penggunaan penghawaan alami dapat menggunakan potensi dari lingkungan. Potensi dari lingkungan yang digabungkan dengan elemen arsitektur yang baik akan menciptakan kinerja termal lingkungan yang baik.

## 4. *Dehumidification* dan *humidification*

Iklim lembab berdampak untuk membuat kondisi udara tidak nyaman pada pengguna bangunan. *Dehumidification* merupakan salah satu strategi penyesuaian bangunan terhadap lingkungan agar dapat mendinginkan bangunan dengan penurunan kelembaban. Proses kondensasi atau pengeringan udara merupakan salah satu proses *dehumidification* yang dapat dilakukan dengan cara menghilangkan uap air dari ruangan dengan pengembunan. Sedangkan pada kondisi sebaliknya, tingkat nyaman (*humidification*) dapat dicapai dengan menaikkan kondisi udara yang memiliki kelembaban yang rendah. Mekanisme ini dapat disebut juga dengan *evaporative cooling*.

### 2.3.2 Kinerja Termal *Passive Cooling*

Salah satu cara untuk mengontrol termal dalam bangunan yakni menggunakan *passive cooling* atau pendinginan pasif bangunan. *Passive cooling* merupakan sebuah metode



pendinginan yang telah lama digunakan pada bangunan tradisional. Pengguna bangunan tetap bisa mendapatkan udara dingin sebelum teknologi pendinginan buatan muncul yakni dengan pendinginan alami seperti; memaksimalkan angin yang masuk, air mancur atau material bangunan menggunakan batu dan tanah yang dapat menyerap panas pada siang hari.

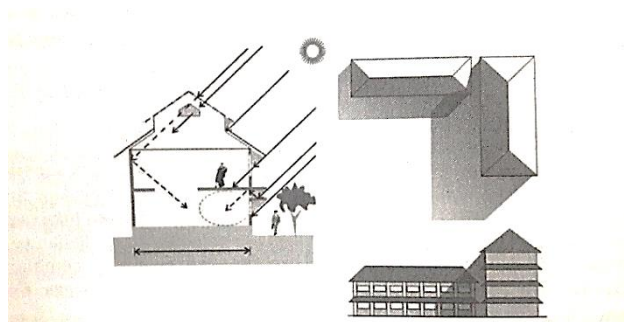
Metode *passive cooling* dapat dibagi menjadi tiga kategori menurut Bradshaw (1993) meliputi: pengurangan beban, pemanas surya pasif dan pendingin surya pasif. Interaksi bangunan dan lingkungannya merupakan dasar prinsip pada *passive cooling*. Pendinginan alami tersebut menggunakan energi yang tersedia dari lingkungan. Energi tersebut dikombinasikan dengan desain arsitektur bangunan seperti selubung bangunan dan sistem mekanis lain untuk menurunkan panas. Menurut Idham (2015) dalam mengatur *passive cooling* dalam bangunan terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam perancangannya seperti:

1. Unsur utama *passive cooling*

- a. Orientasi bangunan berdampak terhadap paparan radiasi matahari dan pendinginan oleh angin. Orientasi bangunan ini akan mengurangi hambatan-hambatan jalur udara dan membuat angin efektif masuk ke dalam bangunan agar meningkatkan fungsi ventilasi alami.
- b. *Zoning* atau zona pada denah juga dapat memaksimalkan kenyamanan bagi aktivitas di siang hari dan malam hari.
- c. Bukaan jendela dan kaca yang didesain dengan tepat akan mereduksi datangnya panas yang tidak diinginkan dan meningkatkan ventilasi.
- d. Penggunaan *shading device* dan tanaman yang efektif.
- e. Penggunaan isolasi yang sesuai dan memadai.
- f. Penggunaan konstruksi masa termal yang tinggi di daerah dengan rentang suhu diurnal signifikan.
- g. Penggunaan konstruksi masa termal rendah di daerah dengan kisaran suhu diurnal rendah.

2. Aspek elemen desain *passive cooling*

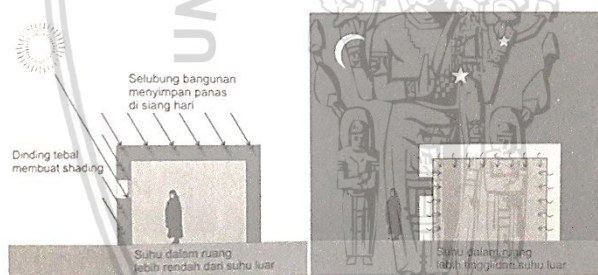
- a. Kontrol surya merupakan pengendalian pengurangan sumber panas yang berlebih. Hal ini dilakukan karena kontrol surya merupakan salah satu unsur yang diminimalkan pada metode *passive cooling*. Sistem orientasi dan sistem *shading device* akan meniadakan panas yang berlebih ke dalam bangunan jika didesain sesuai dengan karakter sinar matahari (besar, arah dan waktu).



Gambar 2.5 Kontrol Surya pada Selubung dan Orientasi Bangunan

Sumber: Idham, (2015, p.95)

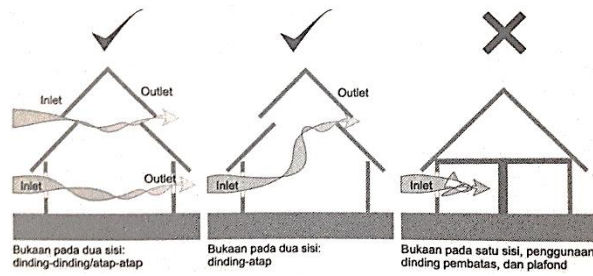
- b. Desain bentuk dan tata letak bangunan merupakan aspek yang memiliki peran penting pada *passive cooling*. Hal ini dilakukan dengan mengatur rasio antara volume dan permukaan. Misalnya bentuk ramping dipakai untuk menghilangkan dingin dan bentuk yang *compact* dipakai untuk memepertahankan panas.
- c. Penggunaan massa termal pada bangunan akan menyimpan panas. Hal ini dilakukan dengan cara menyerap panas pada siang hari dan melepaskannya pada malam hari.



Gambar 2.6 Prinsip Kinerja Massa Termal

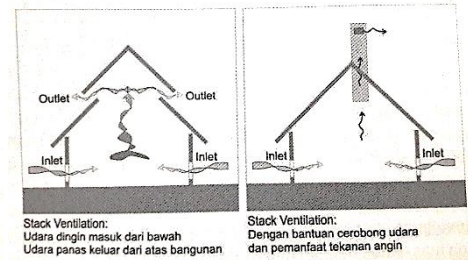
Sumber: Idham, (2015, p.101)

- d. Pendinginan dengan ventilasi alami dilakukan dengan cara menghindarkan panas ruangan. Hal ini dilakukan dengan mengeluarkan udara panas dan menggantinya dengan udara dingin dari luar. Pendinginan alami dengan ventilasi alami dibagi menjadi tiga macam pendinginan ventilasi alami yakni ventilasi silang, ventilasi *stack*, dan ventilasi pendinginan malam.



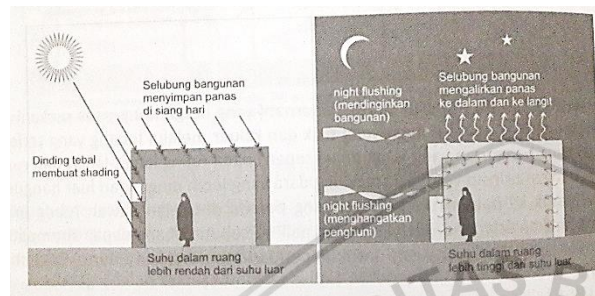
Gambar 2.7 Prinsip Ventilasi Silang

Sumber: Idham, (2015, p.103)



Gambar 2.8 Prinsip Ventilasi Stack

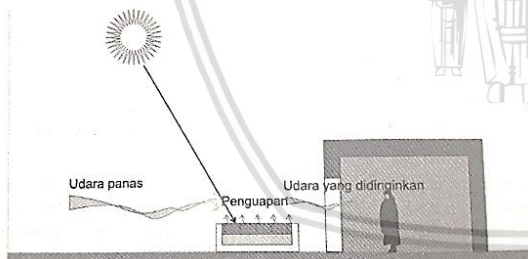
Sumber: Idham, (2015, p.103)



Gambar 2.9 Prinsip Ventilasi Night Flushing

Sumber: Idham, (2015, p.104)

- e. Pendinginan secara *evaporatif* merupakan pendinginan dengan meningkatkan kelembaban udara dan menurunkan suhu. Hal tersebut termasuk dalam prinsip kerja pada pendinginan *evaporatif*. Penerapan pendinginan pada sistem ini yakni dengan melewati udara panas ke sekitar hamparan air yang akan diuapkan.



Gambar 2.10 Pendinginan Evaporatif

Sumber: Idham, (2015, p.108)

### 2.3.3 Kinerja Termal Bangunan

Cara untuk mengetahui kinerja termal pada bangunan yakni dengan menentukan penggunaan penghawaan alami maupun penghawaan buatan yang digunakan pada bangunan. Penghawaan alami merupakan kelancaran sirkulasi dan pergantian atau perputaran udara yang masuk ke dalam ruangan pada bangunan yang berasal dari lingkungan. Pada prinsipnya, penghawaan alami tidak menggunakan bantuan alat teknologi seperti AC atau kipas angin. Penghawaan alami akan memanfaatkan bukaan seperti ventilasi dan

jendela pada bangunan yang disesuaikan dengan pola sirkulasi bangunan. Hal ini akan membuat sirkulasi udara masuk dan keluar yang lancar sehingga pergantian udara terjadi terus menerus.

Untuk mengetahui kinerja termal pada bangunan terdapat beberapa faktor yang menjadi tolak ukur pengukuran salah satunya yakni faktor lingkungan/eksternal. Faktor lingkungan / eksternal tersebut meliputi: temperatur udara (*air temperature*), kelembaban udara (*air humidity*), kecepatan udara/angin (*air speed*) dan radiasi termal (Nur Laela, 2015). Berikut merupakan penjabaran faktor eksternal tersebut.

### 1. Temperatur udara

Temperatur udara adalah keadaan panas atau dinginnya suatu daerah pada waktu tertentu (Irastuti, 2008). Perbedaan sudut datangnya matahari, posisi tinggi rendahnya daerah tersebut, arah angin dan arus laut, awan, serta lamanya intensitas penyinaran matahari merupakan faktor yang mempengaruhi adanya perbedaan temperatur udara antara daerah satu dengan daerah lainnya. Selain itu, temperatur udara memiliki standar nyaman yang sudah ditetapkan.

Pada kaitannya dengan kinerja termal, temperatur udara atau suhu merupakan salah satu variabel yang paling berpengaruh. Pertukaran panas baik dari dalam maupun keluar selubung bangunan akan mempengaruhi suhu dalam bangunan tersebut. Strategi dalam mengontrol aliran panas dalam bangunan dapat dilakukan dengan mengetahui suhu udara luar dan suhu udara nyaman. Untuk menentukan suhu udara nyaman dapat diketahui dari standar maupun suhu netral pada kota tersebut. Pada penelitian ini standar yang digunakan yakni mengacu pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Temperatur Udara

Standar	Temperatur udara	Keterangan
SNI-03-6572-2001	20.5°C – 22.8°C	Sejuk nyaman
	22.8°C – 25.8°C	Nyaman optimal
	25.8°C – 27.1°C	Hangat nyaman:
Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998	18°C - 26°C	Penyehatan udara ruangan
ASHRAE (1992-2004)	22.5°C - 26°C	Suhu nyaman temperatur operatif

Sumber: SNI-03-6572-2001, Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998 dan ASHRAE (1992-2004)

## 2. Kelembaban

Kelembaban udara adalah banyaknya kandungan uap air di atmosfer. Sedangkan kelembaban relatif (*relative humidity*) merupakan perbandingan antara jumlah uap air di udara dengan jumlah uap air maksimum yang dapat dikandung dalam suatu ruangan dengan suhu tertentu. Kelembaban relatif dapat dihitung dengan membandingkan rasio antara jumlah air yang sebenarnya dari uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air yang dapat ditahan oleh udara pada suhu tertentu (Szokolay, 1980). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kelembaban udara adalah radiasi matahari, suhu, tekanan udara, angin, ketinggian tempat dan kerapatan udara. Alat pengukur kelembaban adalah *hygrometer* dengan satuan dinyatakan dalam bentuk persen (%). Kelembaban udara memiliki standar yang sudah ditetapkan. Standar kelembaban yang digunakan yakni:

Tabel 2.3 Standar Kelembaban Udara

Standar	Kelembaban udara	Keterangan
<b>SNI-03-6572-2001</b>	40% ~ 50%	Kelembaban daerah tropis
<b>Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998</b>	40% ~ 60%	Penyehatan udara ruangan
<b>ASHRAE (1992-2004)</b>	50%	Kenyamanan operatif

Sumber: SNI-03-6572-2001, Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998 dan ASHRAE (1992-2004)

## 3. Kecepatan angin

Angin adalah massa udara yang bergerak. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun secara vertikal dengan kecepatan bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat yang lain merupakan faktor pendorong bergeraknya massa udara. Kecepatan angin terendah dominan ditemukan pada musim panas daripada musim dingin. Pada beberapa tempat, kecepatan angin relatif di bawah setengah rata-rata atau lebih beberapa jam per bulan. Karena itu, sistem ventilasi alami sering dirancang untuk kecepatan angin setengah rata-rata dari musiman. Kecepatan angin atau pergerakan angin memiliki standar yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini standar kecepatan angin yang digunakan yakni;



Tabel 2.4 Standar Kecepatan Angin

Standar	Kecepatan angin	Keterangan
<b>SNI-03-6572-2001</b>	0, 15 – 0, 25 m/detik	Kecepatan angin dalam ruang daerah tropis
<b>Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998</b>	0, 15 – 0, 25 m/detik	Penyehatan udara ruangan
<b>ASHRAE (1992-2004)</b>	0,15 m/detik	Kecepatan udara operatif

Sumber: SNI-03-6572-2001, Menkes No.261/MENKES/SK/II/1998 dan ASHRAE (1992-2004)

Selain standar yang disebutkan diatas terdapat standar pergerakan udara dan pengaruhnya terhadap sensasi termal manusia. Hal ini dikarenakan pergerakan udara berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan termal pada manusia. Sensasi subjektif tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.5 Pergerakan udara dan pengaruhnya pada sensasi

Kecepatan Angin (m/s)	Sensation
Kurang dari 0,25	Tidak terasa
0,25 – 0,5	Menyenangkan
0,5 -1,0	Terasa dingin
1,0 – 1,50	Hembusan angin
Lebih dari 1,50	Angin yang mengganggu

Sumber: Nur Laela Latifah, Fisika Bangunan 1

#### 4. Radiasi sinar matahari

Radiasi sinar matahari merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada kehidupan manusia. Radiasi matahari merupakan acuan dasar penentuan semua ciri umum iklim di dunia. Pemantulan pada permukaan bumi, berkurangnya radiasi matahari oleh penguapan, dan arus radiasi di atmosfer merupakan faktor yang dapat membentuk keseimbangan termal pada bumi (Y.B Mangunwijaya, 2000). Radiasi termal adalah panas yang terpancar dari sebuah benda. Radiasi termal mempengaruhi suhu ruang dari berbagai sumber panas dalam satu lingkungan.

Akumulasi dari rata-rata suhu radiasi atau disebut *mean radiant temperature* (MRT) memiliki dampak pada temperatur ruang. Material bangunan merupakan salah satu hal yang dapat mempengaruhi MRT. Material pada bangunan harus dipilih dengan bahan isolasi yang rendah agar dapat menghambat perambatan panas yang berlebih. Salah satu cara pemilihan material bangunan ini dapat berdasarkan warna material.



Warna material yang semakin terang akan semakin memantulkan radiasi sinar matahari tersebut. Selain itu bahan dengan isolasi yang baik dapat menunda rambatan panas matahari atau *thermal lag* yakni kemampuan benda untuk menyimpan panas.

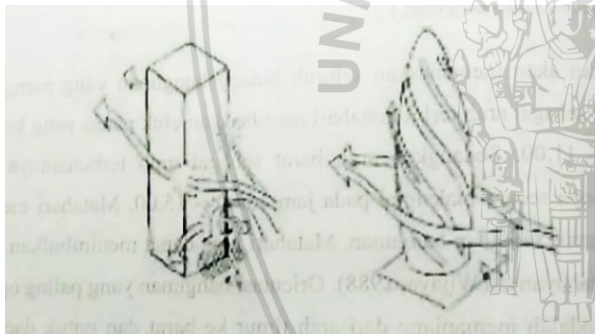
## 2.4 Tinjauan Kinerja Termal berdasarkan Desain Selubung Bangunan

### 2.4.1 Bentuk dan Orientasi Bangunan

Bentuk dan orientasi bangunan merupakan salah satu hal dasar yang mempengaruhi termal bangunan. Hal ini dikarenakan pergerakan harian dan tahunan dari matahari menyebabkan radiasi matahari yang diterima oleh selubung bangunan berbeda setiap orientasinya. Bentuk dan orientasi bangunan dijabarkan dalam penjelasan berikut:

#### A. Bentuk Bangunan

Menurut Fisika Bangunan 1, bentuk massa bangunan mempengaruhi berbagai aspek terutama terhadap angin. Bentuk massa bangunan yang tidak memiliki sudut memungkinkan aliran udara bergerak melalui selubung bangunan tanpa terjadi tabrakan yang dapat menyebabkan bayangan angin.



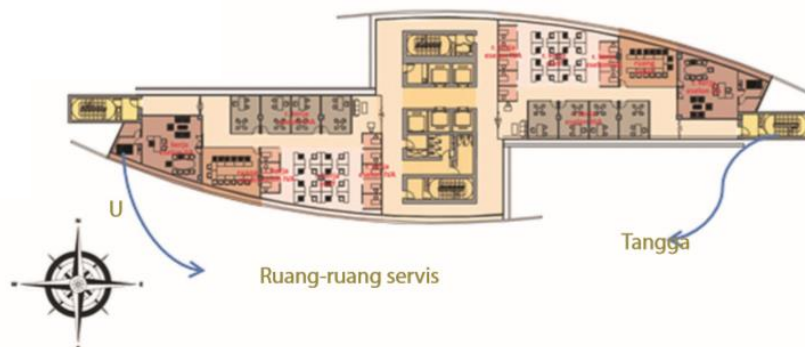
Gambar 2.11 Perbedaan Aliran Udara Massa Bangunan

Sumber: Nur Laela Latifah, Fisika Bangunan 1

#### B. Orientasi Bangunan

Orientasi pada bangunan akan menentukan besarnya radiasi matahari yang diperoleh oleh bangunan. Salah satu hal yang mempengaruhi orientasi yakni luas bidang/fasad. Semakin luas bidang yang menerima radiasi matahari secara langsung maka semakin besar panas yang diterima bangunan. Bukaannya / jendela yang dihadapkan ke arah utara dan selatan juga dapat menghindari panas radiasi matahari yang berlebih pada selubung bangunan. Orientasi bukaan yang menghadap utara dan selatan ini memungkinkan jendela mendapatkan pencahayaan alami dengan tetap meminimalkan perolehan panas dari matahari secara langsung. Sedangkan pada sisi barat dan timur diletakkan ruang-

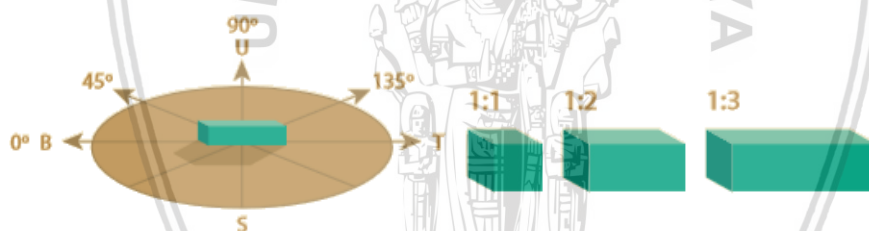
ruang berdinding masif dengan fungsi penunjang seperti ruang servis dan tangga darurat. Hal ini dapat berfungsi sebagai *thermal buffer zones*.



Gambar 2.12 Bentuk bangunan memanjang barat ke timur

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

Pada daerah beriklim tropis, orientasi yang paling optimum yakni memanjang dari timur ke barat dengan proporsi lebar dan panjang adalah 1:1,7 dan proporsi yang bagus adalah 1:3. Orientasi pada hal ini terdapat kaitannya dengan posisi bukaan bangunan dimana posisi luar bukaan akan mempengaruhi jumlah radiasi sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan (Wijaya, 1988).



Gambar 2.13 Proporsi Orientasi Optimum pada Bangunan

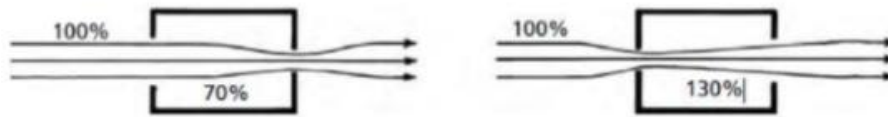
Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

#### 2.4.2 Luas Jendela

Proporsi antara luas jendela dengan luas lantai maupun luas fasad atau yang disebut WWR (*Wall window ratio*) mempengaruhi beban pendingin bangunan. Hal ini dikarenakan beban pendingin menentukan total perolehan panas yang masuk ke dalam bangunan. Jendela kaca pada bangunan dapat memasukkan panas ke dalam bangunan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan dinding masif. Selain itu luas jendela akan mempengaruhi sirkulasi udara pada bangunan/ruangan (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012).

Jendela sebagai pengatur sirkulasi udara pada bangunan juga memiliki fungsi sebagai ventilasi. Jendela sebagai bukaan angin memiliki dua fungsi yaitu sebagai tempat masuknya

udara (*inlet*) dan tempat keluarnya udara (*outlet*). Ukuran *inlet* yang sama besar dengan *outlet* akan membuat sirkulasi menjadi seimbang. Ukuran *outlet* yang lebih besar akan menaikkan kecepatan angin sebesar 30% sedangkan *inlet* yang lebih besar akan mengurangi kecepatan angin sebanyak 30% (Lencher, 2015).



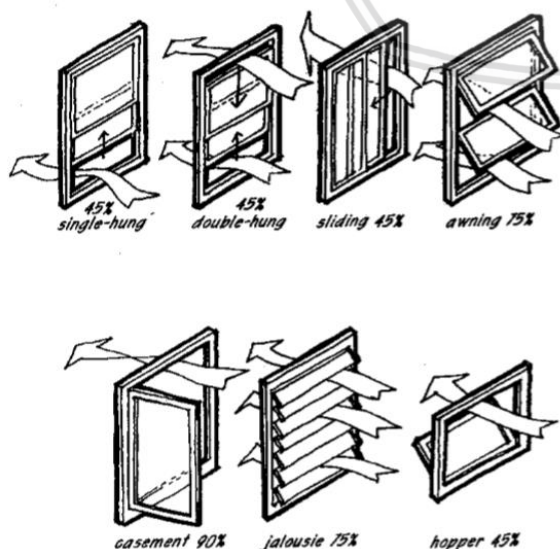
Gambar 2.14 Pengaruh Dimensi *Inlet* dan *Outlet*

Sumber: Lencher, 2015

Agar sirkulasi pada bangunan/ruangan berjalan dengan optimal, diperlukan luas minimal bukaan udara masuk (*inlet*) dengan nilai tertentu. Luas ini adalah nilai yang diperlukan untuk ventilasi atau penghawaan alami pada suatu ruang iklim tropis basah dengan kondisi kecepatan udara/angin yang normal ( $0,6 \text{ m/s} > V < 1,5 \text{ m/s}$ ). Cara perhitungan luas minimal suatu bukaan udara (*inlet*) pada suatu fasad ruang adalah:

- Berdasarkan luas dinding ruang 40% - 80% luas dinding
- Berdasarkan luas ruang 20% luas ruang

Desain bukaan pada jendela ini juga dipengaruhi oleh faktor lokasi, penempatan, dimensi dan tipe jendela yang digunakan. Tipe jendela yang baik cenderung mengarahkan aliran angin untuk tetap berada pada posisi horizontal atau menaikkan ke atas. Tipe jendela dengan kemampuan memasukkan anginnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.15 Tipe Jendela dan Kemampuan Aliran Udara

Sumber: Noor Cholis I, Arsitektur dan Kenyamanan Termal

### 2.4.3 Material Kaca

Selain luas bukaan, jenis material kaca juga salah satu hal yang mempengaruhi termal bangunan. Material kaca memiliki beberapa karakteristik yang berbeda berdasarkan sifat termalnya. Karakteristik ini dapat dilihat dari sifat transmisi radiasi matahari, daya serap radiasi matahari, daya pantul radiasi matahari dan transmisi cahaya. Karakteristik transmisi termal pada material kaca diukur dari Nilai-U atau *U-Value* sebagai nilai konduksi dan koefisien perolehan matahari (*solar heat gain coeficient*) sebagai nilai radiasi (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012). Berikut merupakan tabel material kaca berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dewi *et al.* 2013.

Tabel 2.6 Tabel material kaca

	Clear glass	Reflective glass	Laminated glass	Double glazed Low E
<b>SHGC</b>	0,794	0,6	0,495	0,219
<b>Direct solar transmission</b>	0,74	4,97	0,443	0,128
<b>Light transmission</b>	0,86	0,507	0,792	0,229
<b>U-Value</b>	5,66	5,582	3,161	1,764

Sumber: *A Preliminary Study of Thermal Comfort in Malaysia's Single Storey Terraced Houses*, 2013.

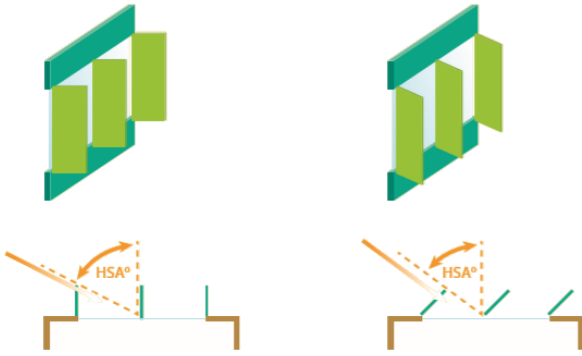
### 2.4.4 Peneduh Eksternal

Peneduh eksternal atau yang lebih sering disebut dengan *shading device* dinilai lebih efektif dalam mengurangi perolehan panas matahari dibandingkan dengan peneduh internal. Peneduh eksternal dapat menghalangi radiasi matahari sebelum mencapai selubung bangunan. Selain menghalangi radiasi matahari, peneduh eksternal ini dapat menciptakan arsitektur yang estetik (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012). Menurut Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.1 terdapat 3 jenis peneduh eksternal yakni:



Gambar 2.16 Jenis Peneduh Eksternal Generik: Overhang

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012



Gambar 2.17 Jenis Peneduh Eksternal

Generik: Sirip Vertikal

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

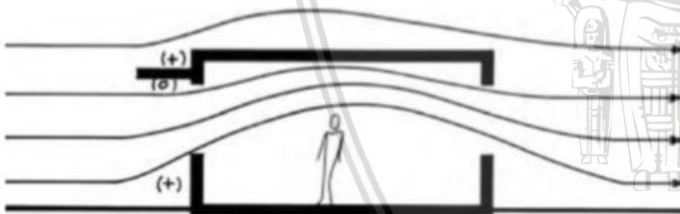


Gambar 2.18 Jenis Peneduh Eksternal

Generik: Eggcrate

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

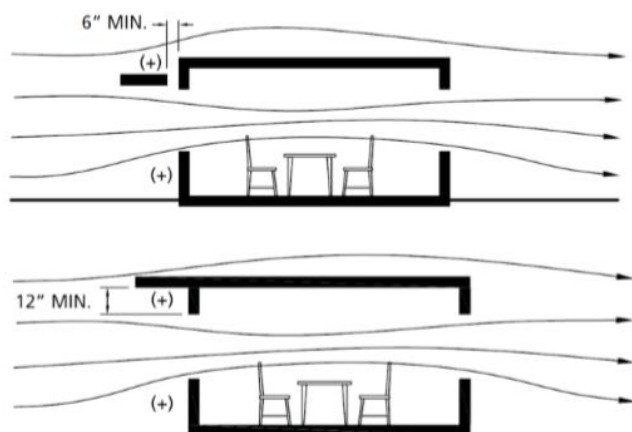
Salah satu peneduh eksternal yang banyak digunakan di Indonesia yakni peneduh eksternal *overhang*. Kelemahan dari *overhang* ini adalah penempatan *overhang* pada posisi horizontal tepat di atas jendela dapat menyebabkan aliran angin membelok ke arah plafon. Hal ini disebabkan oleh terhalangnya tekanan positif oleh *overhang* untuk menyeimbangkan tekanan positif di bawah jendela. Angin yang membelok ke arah plafon ini akan bergerak menjauhi zona aktifitas manusia (Lechner, 2015).

Gambar 2.19 Pengaruh peletakkan *overhang*

Sumber: Lencher, 2015

Hal tersebut sebenarnya masih baik diterapkan pada desain namun terdapat beberapa solusi peletakkan *overhang*. Solusi peletakkan *overhang* yakni dengan memberi jarak antara *overhang* dengan dinding bangunan. Pemberian jarak ini mampu meneruskan aliran angin ke dalam zona aktifitas manusia. Selain itu peletakkan *overhang* yang lebih tinggi dari jendela juga dapat menjaga arah aliran tetap mengarah ke zona aktifitas manusia (Lechner, 2015)



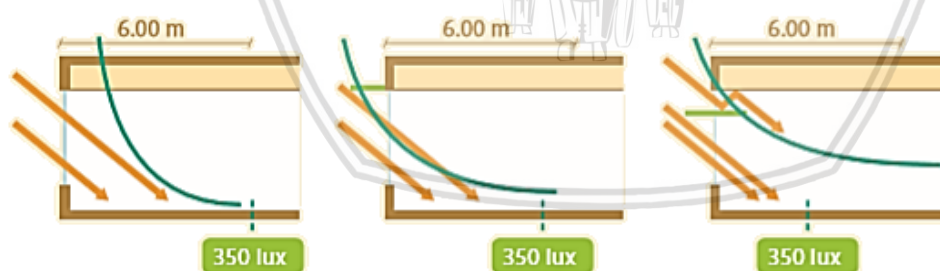


Gambar 2.20 Solusi peletakkan *overhang*

Sumber: Lencher, 2015

#### 2.4.5 Reflektor Cahaya (*Lightshelf*)

Reflektor cahaya merupakan salah satu solusi untuk memantulkan transmisi panas pada selubung bangunan. Reflektor cahaya merupakan elemen horizontal yang membagi jendela menjadi dua bagian. Jendela bagian atas sebagai pencahayaan alami dan jendela bagian bawah sebagai pandangan (*vision*). Kaca pada bagian atas dapat menggunakan material dengan VT (*visible transmittance*) yang lebih tinggi, sedangkan kaca pada bagian bawah dapat memiliki SGHC dan VT yang lebih rendah (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012). Untuk dapat lebih jelas mengenai reflektor cahaya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.21 Kinerja Tipikal Reflektor Cahaya

Sumber: Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012

Selubung bangunan pada gambar pertama merupakan selubung tanpa peneduh. Jenis ini dapat memiliki nilai transmisi panas sebanyak 47,44 W/m<sup>2</sup>. Reflektor jenis kedua yakni *overhang* dengan transmisi panas yang berkurang menjadi 31,93 W/m<sup>2</sup>. Jenis yang terakhir yakni reflektor cahaya dan dapat mengurangi transmisi panas mencapai 33,01 W/m<sup>2</sup>.



#### 2.4.6 Peneduh Internal

Peneduh internal dapat menahan radiasi matahari setelah melewati jendela dan mencegah radiasi matahari yang langsung ke penghuni maupun interior bangunan. Peneduh internal pada bangunan dapat berupa tirai maupun gordena. Pada pengaruhnya terhadap termal bangunan, peneduh internal tidak seefektif peneduh eksternal. Peneduh internal bisa diatur sepenuhnya untuk memenuhi kebutuhan / keinginan individu dari penghuni dan tersedia dengan berbagai desain dan warna. Hal ini membuat peneduh internal dapat dipadupadankan dengan rancangan elemen interior lainnya. Dari segi desain, peneduh internal dapat dibedakan sebagai peneduh rol (*roller shades*), tirai horizontal (*horizontal blinds*), tirai vertikal (*vertical blinds*) dan gordena. Di antara semua itu, tirai horizontal memiliki kinerja yang lebih baik dengan memantulkan cahaya matahari ke langit-langit untuk meningkatkan kinerja pencahayaan alami ke bagian interior yang letaknya jauh dari jendela.

#### 2.4.7 Dinding

Dinding bangunan terdiri atas beberapa lapisan material dengan ketebalan dan sifat termal yang berbeda. Gabungan nilai konduktansi ( $k$ ) dan nilai resistensi ( $R$ ) dari setiap lapisan bahan menentukan sifat termal keseluruhan dari dinding tersebut yang dapat direpresentasikan dengan Nilai- $U$ . Semakin rendah Nilai- $U$  semakin baik karena transfer termal yang lebih rendah (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012).

Selain ketebalan dinding yang berpengaruh terhadap termal bangunan, terdapat material dinding yang diatur dalam SNI 03-6389-200 Departemen Pekerjaan Umum tentang Nilai  $K$  Bahan Bangunan yakni sebagai berikut:

Tabel 2.7  $U$ -Value Bahan Bangunan menurut SNI 03-6389-200

No.	Bahan Bangunan	Densitas ( $\text{kg/m}^3$ )	$K$ ( $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ )
1	Beton	2.400	1,448
2	Beton ringan	960	0,303
3	Beton dengan lapisan plaster	1.760	0,807
4	Bata langsung dipasang tanpa plester, tahan terhadap cuaca	-	1,154
5	Plesteran pasir-semen	1.568	0,533
6	Kaca lembaran	2.512	1,053
7	Papan gypsum	880	0,170

No.	Bahan Bangunan	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> .K)
8	Kayu lunak	608	0,125
9	Kayu keras	702	0,138
10	Kayu lapis	528	0,148
11	Glasswool	32	0,035
12	Fiberglass	32	0,035
13	Paduan alumunium	2.672	211
14	Tembaga	8.784	385
15	Baja	7.840	47,6
16	Granit	2.640	2,927
17	Marmer/terazo/keramik/mozaik	2.640	1,298

Sumber: SNI 03-6389-200

#### 2.4.8 Atap

Aspek terakhir yang mempengaruhi termal pada desain selubung bangunan yakni atap. Pada bangunan berlantai rendah dengan bidang atap yang luas dapat menjadi sumber utama perolehan panas sebuah bangunan. Untuk meminimalisir kenaikan panas melalui atap, material dengan reflektifitas dan emisivitas yang tinggi harus dipilih. Hal ini dikarenakan bahan atap biasanya memiliki Nilai-U yang tinggi sehingga pemilihan material bangunan dapat mengurangi fenomena *urban heat island* (Vol. 1 Selubung Bangunan, 2012).

Material pada atap bangunan juga memiliki standar Nilai-U yang mempengaruhi termal bangunan. Menurut *Tables of U-values and thermal conductivity* oleh *Scottish goverment*, Nilai-U pada material atap dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 *U-Value* Material Atap Bangunan

No.	Bahan Bangunan	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	K (W/m <sup>2</sup> .K)
1	Aerated concrete slab	500	0,16
2	Asphalt	2100	0,70
3	Felt/bitumen layers	1100	0,23
4	Screed	1200	0,41
5	Stone chippings	2000	2,0
6	Tiles (clay)	2000	1,0
7	Tiles (concrete)	2100	1,5
8	Wood wool slab	500	0,10

Sumber: <http://www.gov.scot>, 2018

## 2.5 Tinjauan Selubung Bangunan

### 2.5.1 Selubung Bangunan

Selubung bangunan berdasarkan Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.1 merupakan salah satu elemen pembentuk bangunan yang terdiri dari komponen tak tembus cahaya (misalnya dinding) dan sistem fenestrasi atau komponen tembus cahaya (misalnya jendela) yang memisahkan interior bangunan dari lingkungan luar. Selubung bangunan memberikan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak dikehendaki seperti panas, radiasi, angin, hujan, kebisingan, polusi dan lain sebagainya.

Selubung bangunan dari segi fisika bangunan memiliki tugas atau fungsi sebagai berikut:

1. Fungsi pemikul beban di atasnya
2. Fungsi penutup atau pembatas ruang, baik visual maupun akustik
3. Menghadap alam luar dan dalam :
  - Radiasi sinar cahaya dan sinar kalor dari matahari
  - Radiasi sumber-sumber kalor dari dalam
  - Isolasi atau penghalang kalor yang datang dari luar
  - Pemeliharaan suhu yang diminta dalam ruangan
  - Pelindung terhadap hempasan hujan dan kelembaban dari luar
  - Pengatur serajat kelembaban di dalam ruang
  - Pelindung terhadap arus angin luar
  - Pengatur ventilasi di dalam ruang

Selubung bangunan ini memiliki pengaruh penting dalam bangunan. Selain dapat menjadi estetika bangunan, selubung bangunan juga dapat menjadi salah satu pengatur pencahayaan alami, penghawaan alami, penghalang kebisingan dan view dari dalam maupun luar bangunan. Selubung bangunan juga merupakan salah satu faktor penting dalam mendesain bangunan berefisiensi energi. Meskipun selubung bangunan tidak secara langsung mengkonsumsi energi, desainnya berpengaruh kuat pada beban pemanasan dan penyejukan (energi HVAC). Perolehan panas pada selubung bangunan jika diuraikan terdiri atas tiga komponen yaitu konduksi panas melalui selubung masif, konduksi panas melalui selubung transparan, dan radiasi matahari melalui kaca.

### 2.5.2 Selubung Bangunan Tropis

Menurut Szokolay (1974) tropis dapat didefinisikan sebagai daerah yang terletak di antara garis isoterm di sebelah bumi utara dan selatan atau daerah yang terdapat di antara  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  lintang utara dan  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  lintang selatan. Secara umum iklim tropis terbagi dalam dua zona, yaitu iklim tropis kering dan tropis lembab. Indonesia sendiri termasuk ke dalam iklim tropis lembab dengan kelembaban udara yang relatif tinggi pada umumnya di atas 90%.

Kibert (2008) menjelaskan hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan pemilihan bahan dinding, yaitu resistansi termal, termal mass dari permukaan terluar selubung bangunan, dan penempatan insulasi pada selubung bangunan. Selubung bangunan di sisi barat dan timur bangunan pada daerah beriklim tropis lembab memiliki kemampuan sebagai kapasitor kalor. Kapasitor kalor ini dapat menyimpan dan melepas kalor saat terjadi perbedaan temperatur udara pada ruang dalam dengan ruang luar bangunan. Hal ini memiliki kandungan energi yang besar karena mendapat sinar matahari yang banyak. Pentingnya penerapan insulasi termal pada selubung bangunan pada daerah beriklim tropis lembab dapat dijadikan sebagai strategi pencegahan pemanasan untuk mendinginkan bangunan. Salah satu cara penerapannya yakni dengan menghambat terjadinya penyerapan kalor melalui teknologi insulasi material pada selubung bangunan. Penggunaan insulasi material yang tepat pada bangunan berkontribusi dalam mengurangi beban pendinginan yang diperlukan, mengurangi biaya energi tahunan, dan membantu dalam memperluas periode kenyamanan termal tanpa ketergantungan pada penghawaan buatan seperti AC.

Selubung bangunan untuk Indonesia (daerah tropis) mempunyai karakteristik tersendiri dan mempunyai SNI tahun 2011 berjudul Konservasi Energi Pada Selubung Bangunan. Dalam SNI tersebut terdapat beberapa kriteria khusus yaitu :

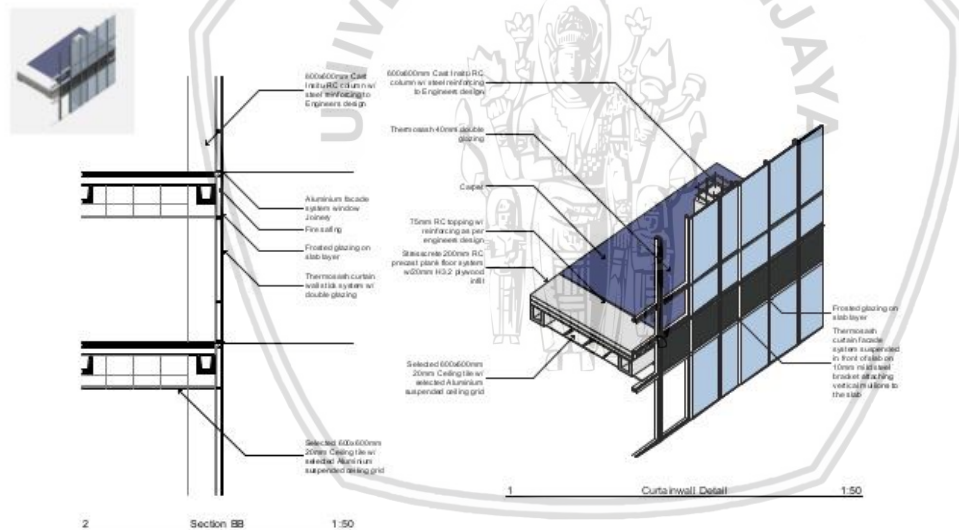
1. Standar SNI selubung bangunan tahun 2011 berlaku untuk komponen dinding (termasuk jendela) dan atap pada bangunan yang dikondisikan. Bangunan yang dikondisikan umumnya menggunakan air Conditioning (AC/tata udara), oleh karena itu semakin kecil perpindahan panas kedalam bangunan maka akan memperkecil beban pendingin sehingga akan menghemat energi.
2. Berdasarkan SNI tersebut ditetapkan perolehan panas radiasi matahari total untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi harga perpindahan panas menyeluruh (OTTV) yaitu 45 Watt/m<sup>2</sup>. Meskipun untuk negara-negara ASEAN lain tahun 2003 menetapkan OTTV adalah 20 Watt/m<sup>2</sup>.

### 2.5.3 Macam-macam Selubung Bangunan Tropis

Selubung bangunan yang cocok digunakan pada iklim tropis kini sudah mulai semakin bervariasi. Menurut Priatman (1999), pada hakikatnya macam-macam selubung bangunan tropis khususnya pada bangunan tinggi tetap berdasarkan komponen dasarnya yakni; *Support Framing* (rangka penunjang), insulasi (proses perpindahan panas atau kalor), *joints* (sambungan), *Internal Drainage*, *Interior Finishes* dan Material Eksterior. Selubung bangunan yang terdapat pada iklim tropis yakni:

#### 1. *Curtain wall system*

Merupakan selubung bangunan dengan dinding tipis, biasanya berbingkai aluminium, yang mengandung kaca, panel logam, atau batu tipis. Pembingkai melekat pada struktur bangunan dan tidak membawa beban lantai atau atap bangunan ([www.wbdg.org/guides-specifications/building-envelope-design-guide/fenestration-systems/curtain-walls](http://www.wbdg.org/guides-specifications/building-envelope-design-guide/fenestration-systems/curtain-walls), 2016)

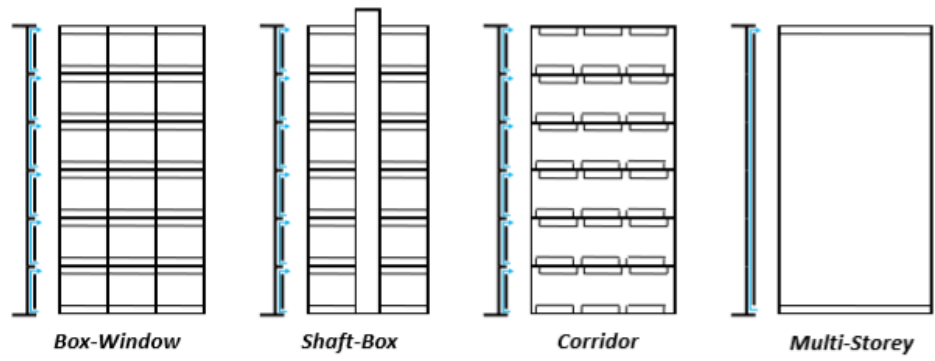


Sumber: google.com

#### 2. *Double skin facade*

Merupakan sebuah selubung bangunan yang terdiri dari dua buah bidang elemen terpisah yang memungkinkan terjadinya pertukaran udara ruang dalam dan ruang luar melalui sistem tersebut (Arons, 2006). Berikut merupakan jenis *double skin facade*;





Gambar 2.23 Jenis *Double Skin Facade*

Sumber: Saelens (2002)

### 3. *Secondary-skin*

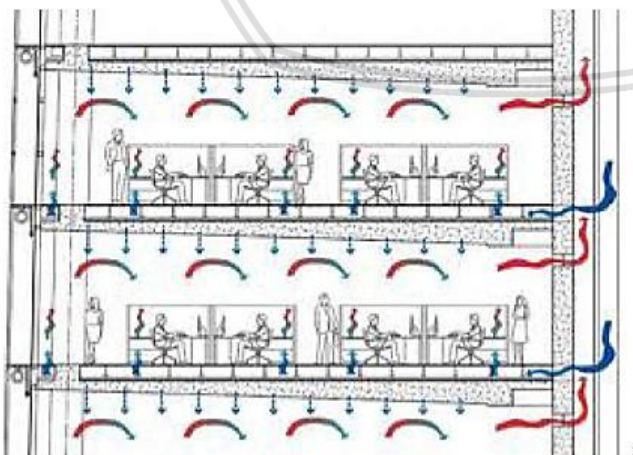
Merupakan elemen arsitektur yang dipasang sebagai lapisan tambahan setelah dinding terluar bangunan untuk membentuk bayangan dan menyediakan rongga udara antara luar dan dalam. Fungsinya menahan panas matahari masuk ke dalam rumah, namun membantu untuk memasukkan cahaya dan angin sebagai kenyamanan termal dalam ruang dapat terjaga (Claessens and De Herde dalam Poirazis, 2006).

### 4. *Breathing wall*

Merupakan dinding dinamis yang berfungsi mengalirkan udara melalui rongga pada dinding. Umumnya selubung bangunan ini terdiri dari 1 lapis material (Krarti, 2018).

### 5. *Triple dan Multiple skin facade*

Merupakan sebuah selubung bangunan yang terdiri dari tiga buah bidang elemen atau lebih yang terpisah.



Gambar 2.24 Selubung Bangunan *Triple Skin Facade*

Sumber: google.com

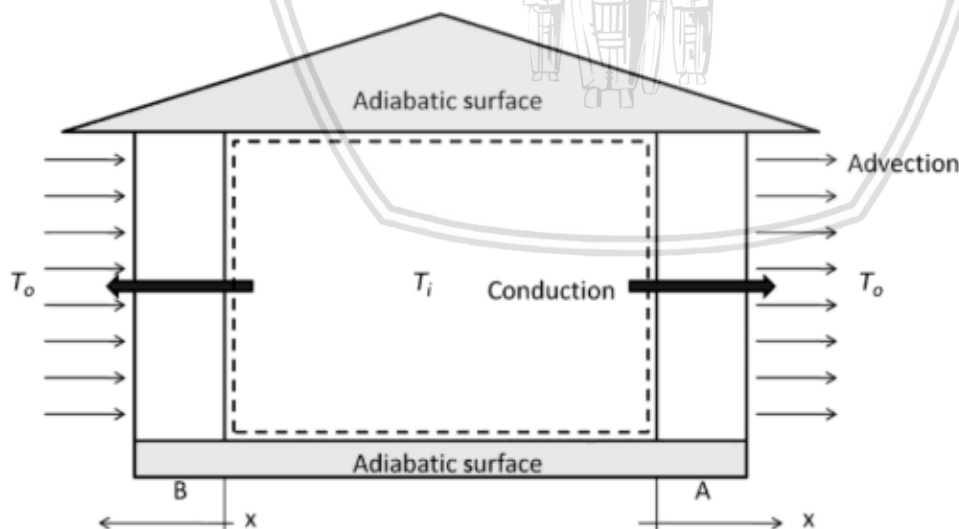


Selain jenis selubung bangunan yang digunakan hal lain yang menjadi pertimbangan memilih selubung bangunan yakni material selubung bangunan. Material yang digunakan oleh selubung bangunan tropis yakni *cementitious*, *masonry*, material bahan batu, metal, kaca, keramik, polimer dan *technical textile*.

#### 2.5.4 Breathing Wall

*Breathing wall* atau dinding bernafas merupakan salah satu jenis selubung bangunan yang mampu menciptakan suatu sistem sirkulasi udara dari luar hingga ke dalam ruangan. *Breathing wall* ini bertujuan untuk menjaga pencahayaan maupun penghawaan dalam ruang agar cahaya matahari cukup dan ruang juga tetap terasa sejuk/segar tanpa menggunakan bantuan media lain seperti pintu atau jendela. Penggunaan *breathing wall* di Indonesia masih jarang digunakan padahal *breathing wall* ini dapat menjadi solusi pengolah penghawaan dan pencahayaan alami yang baik.

*Breathing wall* juga biasa disebut sebagai dinding dinamis. Dinding dinamis ini berfungsi mengalirkan udara melalui dinding untuk menimalisir penggunaan energi termal. Energi termal dapat dikurangi dengan mekanisme sirkulasi udara yakni dengan memfilter udara segar melalui dinding dari luar ke dalam bangunan, kemudian udara di dalam bangunan akan didinginkan menggunakan dinding yang berfungsi sebagai pereduksi termal. (Krarti, 2018).



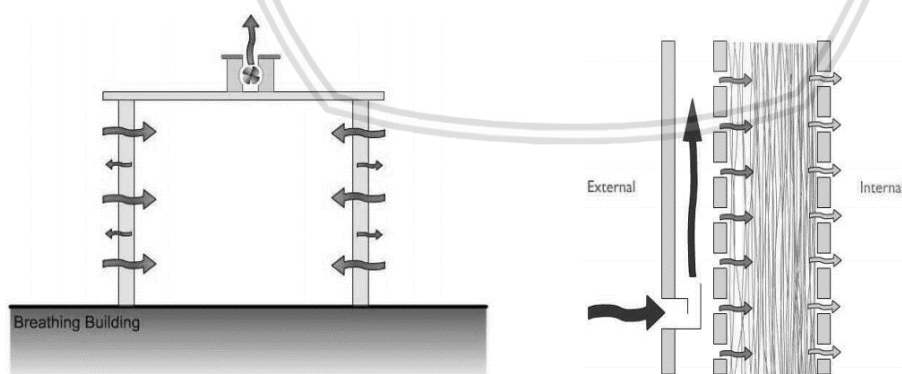
Gambar 2.25 Mekanisme Sederhana *Breathing Wall*

Sumber: Krarti (2018)

Yoon, S., *et al.* (2000) menjelaskan tentang beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan menjadi faktor penentu termal terkait konstruksi panel dinding berventilasi (*breathing wall*), yaitu:

- Jumlah lapisan insulasi internal;
- Ketebalan dinding;
- Tingkat aliran udara melalui dinding, dimana berpengaruh terhadap kemampuan insulasi termal;
- Diameter lubang atau jarak dan efektivitas area bukaan tiap lapisan insulasi internal, dimana berpengaruh terhadap tingkat aliran udara dan transmisi kelembaban.

*Breathing wall* sendiri bekerja dengan menggabungkan insulasi dinamis, dimana ventilasi udara segera tertarik ke dalam bangunan menggunakan depresi aktif atau pasif. Penggabungan insulasi ini menawarkan alternatif menarik untuk mendapatkan ventilasi alami yang ideal. Penurunan temperatur dalam *breathing wall* dapat dilakukan dengan pemilihan material menggunakan Nilai-K atau *U- Value* yang rendah. Pemilihan ini dapat mengendalikan suhu nyaman bangunan tanpa konsumsi energi yang tinggi. Selain itu, *breathing wall* dapat mengurangi ketergantungan pada perawatan yang rumit dan mahal. Hal ini dapat dilakukan karena *breathing wall* mampu menyaring debu, gas dan polutan lainnya sehingga dapat menciptakan pemeliharaan selubung bangunan yang aman. Mekanisme dalam sirkulasi udara yang diciptakan oleh *breathing wall* yakni dengan menarik udara segar dari ruang luar dan mengalirkan ke dalam bangunan. Kemudian, udara panas yang dihasilkan dari dalam bangunan akan dikeluarkan seperti gambar 2.12. Aliran massa/udara panas dapat menghasilkan udara yang lebih sejuk dalam bangunan dengan efisiensi insulasi keseluruhan yang lebih tinggi (Imbabi dan Peacock, 2003)



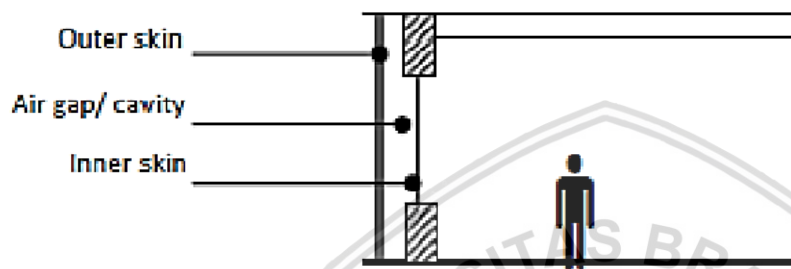
Gambar 2.26 Sirkulasi Udara pada *Breathing Wall*

Sumber: Imbabi dan Peacock (2003)

### 2.5.5 Double Skin Facade

Selubung bangunan dengan jenis *double skin facade* dikenalkan pertama kali pada tahun 1849 dan digunakan pertama kali pada bangunan Steiff-Factory di Jerman

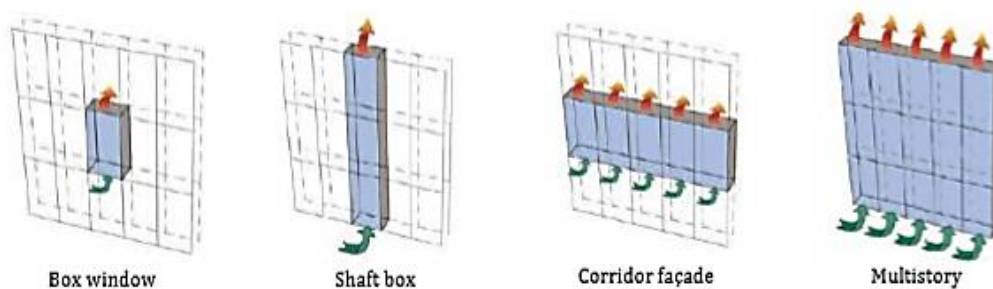
(Mulyadi, 2012). Alessi, 2008 menyebutkan bahwa *double skin facade* merupakan dinding bangunan tambahan yang pada umumnya transparan dan dipasang di atas dinding eksisting. Adanya jarak antara dinding tambahan dan dinding eksisting berfungsi sebagai insulasi bangunan. Menurut Dewi (Dewi, Huang, Nugroho, 2013) komponen utama pada *double skin facade* yakni dinding terluar (*outer skin*), jarak (*cavity/ air gap*) dan dinding bagian dalam/ dinding eksisting (*inner skin*). Pada beberapa penggunaan dapat diletakkan *shading device* pada jarak antara kedua dinding untuk dapat mereduksi panas yang masuk ke dalam bangunan.



Gambar 2.27 Komponen *Double Skin Facade*

Sumber: Strategi *Double Skin Fasade* pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi

Jenis *double skin facade* (Tacson, 2008), dikelompokkan menjadi empat macam berdasar bentuk penyekatan jarak antara dinding dalam dan luar. Jenis pertama yaitu *box window facade* yaitu *double skin facade* yang jarak antara dinding luar dan dalam disekat secara vertikal dan horizontal mengikuti bentuk jendela dan berfungsi untuk menghindari transmisi suara dan asap antar ruangan. Jenis yang kedua yaitu *shaft box facade* yaitu *double skin facade* tipe *box window* yang terhubung dengan shaft vertikal yang menerus. Jenis ketiga yaitu *corridor facade* yaitu *double skin facade* yang ruang jaraknya disekat secara horizontal sesuai dengan pembagian jumlah lantai bangunan. Jenis yang keempat yaitu *multistory facade* yaitu *double skin facade* yang ruang antara tidak dibagi dan menerus, lubang bukaan untuk ventilasi terdapat di bagian atas dan bawah fasad saja. Berikut merupakan keempat jenis *double skin facade* tersebut :



Gambar 2.28 Jenis Sirkulasi *Double Skin Facade*

Sumber: Tacson, 2008

## 2.6 Metode Simulasi

### 2.6.1 Software Ecotect

*Software Ecotect Analysis* merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Dr. Adrew J. Mars. Perangkat ini alat yang dapat digunakan dalam melakukan simulasi kondisi bangunan dengan keadaan lingkungan sekitarnya. *Ecotect* menyediakan fasilitas untuk mengolah data iklim, akustik, pencahayaan, dan energi.

Perangkat ini sudah digunakan untuk evaluasi maupun perencanaan suatu bangunan atau kawasan secara komersil. Dasar pemikiran dalam *Ecotect* adalah menggunakan prinsip-prinsip desain lingkungan yang berpengaruh terhadap kondisi bangunan. Aspek penting yang nantinya mempengaruhi kinerja bangunan yakni seperti geometri, material, dan orientasi. Aspek tersebut perlu diperhatikan pada saat melakukan tahap perancangan bangunan. Beberapa hal yang perlu diketahui dalam menggunakan *Ecotect Analysis* (Elmira, 2011) salah satunya yakni elemen simulasi. Elemen pada software *ecotect* yakni:

Tabel 2.9 Elemen Simulasi Ecotect

Elemen	Value
U-Value (W/m <sup>2</sup> .K)	0.280
Admittance (W/m <sup>2</sup> .K)	3.330
Solar Absorption (0-1)	0.6
Visible Transmittance (0-1)	0
Thermal Decrement (0-1)	1
Thermal Lag (hrs)	0.2
[SBEM] CM 1	0
[SBEM] CM 2	0
Thickness (m)	0.580
Weight (kg)	13.295

Sumber: Ecotect, 2011

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.10 Penelitian Terdahulu

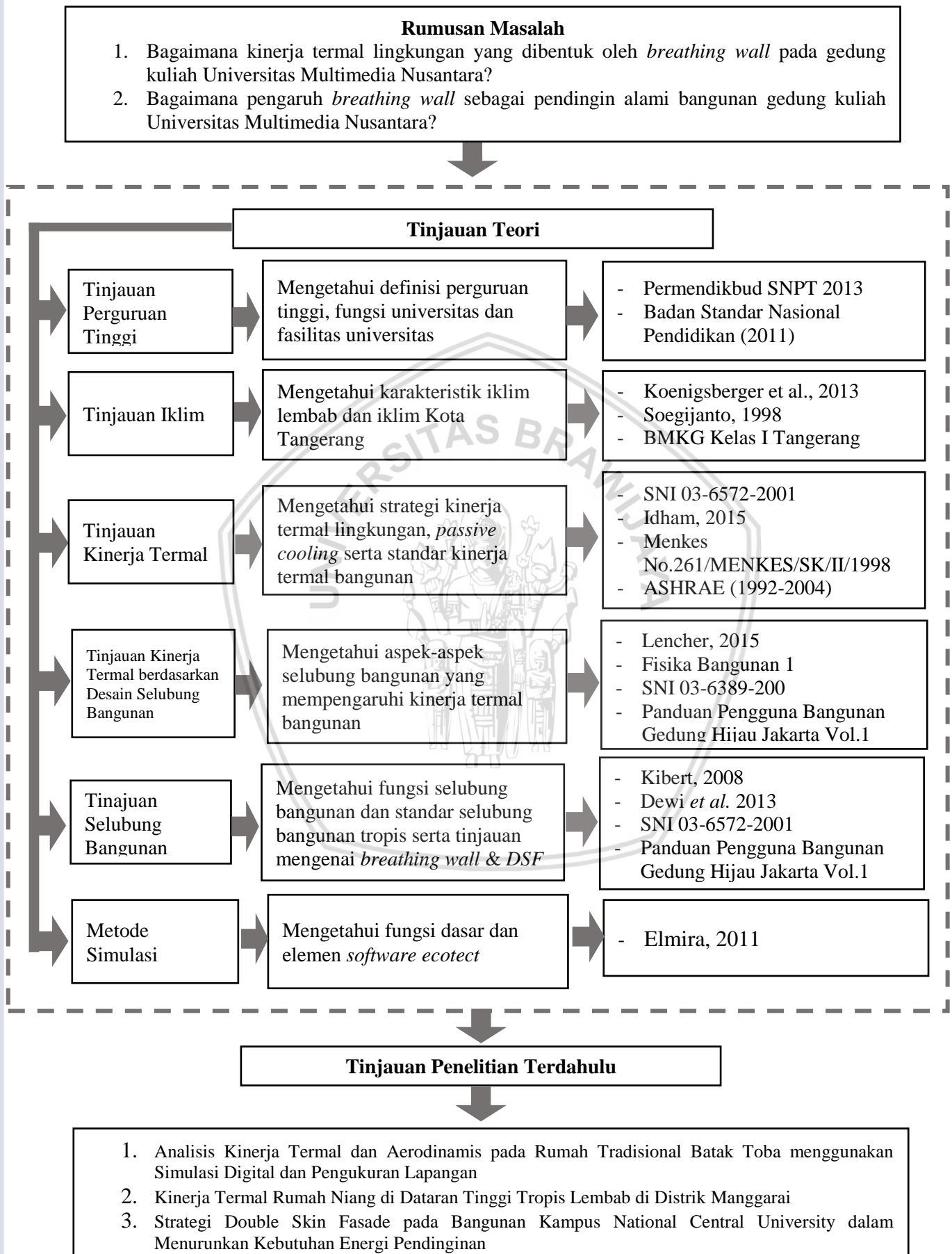
<b>Judul</b>	<b>Analisis Kinerja Termal dan Aerodinamis pada Rumah Tradisional Batak Toba menggunakan Simulasi Digital dan Pengukuran Lapangan</b>	<b>Kinerja Termal Rumah Niang di Dataran Tinggi Tropis Lembab di Distrik Manggarai</b>	<b>Strategi Double Skin Fasade pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi Pendinginan</b>
<b>Penulis</b>	Ditulis oleh Yuri Hermawan Prasetyo dari Instansi Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Bandung, Indonesia.	Ditulis oleh P. Jhon Alfred D.D dari Program Studi Arsitektur, Universitas Flores, Ende dan I Gusti Ngurah Antaryama dan Sri Nastiti N.E dari Jurusan Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.	Ditulis oleh Cynthia Permata Dewi dan Agung Murti Nugroho dari Universitas Brawijaya, Rong-Yau Huang dari National Central University Taiwan.
<b>Penerbit</b>	Diterbitkan oleh Widyariset Jurnal Vol. 2 No. 2 pada 30 November 2016	Diterbitkan oleh ATRIUM Jurnal, Vol. 2, No. 1, Hal. 43-54 pada 1 Mei 2016	Diterbitkan oleh Jurnal RUAS, Volume 11 N0 2, Desember 2013, ISSN 1693-3702
<b>Tujuan</b>	Menentukan kinerja termal dan aerodinamis Rumah Tradisional Batak Toba (RTBT)	Mengevaluasi pengaruh desain rumah Niang dalam merespon kondisi termal di dataran tinggi dan menganalisis perilaku material dari elemen desain yang berpengaruh terhadap kinerja termal rumah Niang.	Mengetahui modifikasi variabel DSF dan performanya terhadap kemampuan mengurangi kebutuhan energi AC bangunan.
<b>Metode Penelitian</b>	Deskriptif-kuantitatif	Deskriptif-kuantitatif	Deskriptif-kuantitatif



Instrumen	Software modeling Autocad dan Sketchup. Software simulasi meteonorm, ecotect, dan CFD-ACE+. IAQ QuesTemp 36, Anemomaster Kanomax A031.	Software simulasi ARCHIPAK versi 5.0, Thermohygrometer dan Anemometer	Design Builder Energy Plus 3.0.0.105 trial version,
Hasil	<p>Hasil pengukuran lapangan memperlihatkan bahwa kondisi termal hasil pengukuran lapangan sepanjang hari berada di bawah referensi temperatur batas atas kenyamanan termal dengan ventilasi alami, yaitu 29 °C. Penggantian material atap dengan menggunakan seng gelombang tidak signifikan dalam memengaruhi kenyamanan termal di dalam bangunan, melainkan lebih dipengaruhi oleh temperatur luar bangunan. Orientasi bangunan RTBT yang optimal berada pada posisi sudut 52.5° dari arah utara, tetapi tidak ditemukan orientasi aturan menghadap arah mata angin tertentu.</p>	<p>Hasil akhir dalam penelitian ini menunjukkan bahwa desain rumah Niang belum dapat memberikan kenyamanan termal yang memadai terutama pada malam hingga pagi hari. Dari simulasi juga dapat diketahui bahwa lantai dan atap merupakan elemen yang paling kritis terhadap pelepasan panas. Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil akhir tersebut yakni; Elemen bangunan belum dapat memberikan kenyamanan termal yang memadai terutama pada malam hingga pagi hari, karakter elemen bangunan lebih cenderung sebagai pelepas panas karena nilai U-value tergolong besar dan time lag yang pendek, serta orientasi bangunan sudah tepat yaitu arah Utara-Selatan namun bentuk bangunan yang singel layer tidak dapat membantu memperlambat panas keluar.</p>	<p>Hasil akhir penelitian ini menunjukkan bahwa strategi DSF ini memungkinkan untuk diaplikasikan pada bangunan di daerah panas lembab seperti Taiwan. Penurunan energi pendinginan bangunan berbanding terbalik dengan ukuran lebar air gap. Penambahan lebar air gap memperbesar insulasi thermal pada bangunan. Air gap dengan ukuran 1,2m merupakan air gap paling optimal yakni dapat menurunkan hingga 34,69% energi. Kemudian, semakin kecil nilai SHGC dan U-value kaca maka semakin besar penurunan energi yang dapat dicapai. Penggunaan double glazed Low E menghasilkan penurunan energi paling besar diantara material kaca lainnya.</p>



## 2.8 Kerangka Teori



Gambar 2.24 Kerangka Teori

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan pada penelitian skripsi “Kinerja Termal Selubung Bangunan pada Gedung Kuliah Universitas Multimedia Nusantara Serpong” ini menggunakan metode penelitian kualitatif dan kuantitatif. Metode penelitian kualitatif digunakan sebagai analisis visual bangunan terhadap bentuk, orientasi, pembayangan dan bukaan selubung bangunan yang digunakan. Sedangkan metode penelitian kuantitatif digunakan sebagai pengumpulan data variabel bebas (selubung bangunan) dan pengumpulan data variabel terikat (temperatur, kelembaban dan kecepatan angin dalam maupun luar bangunan) menggunakan alat untuk mengetahui kinerja termal eksisting.

Setelah melakukan penelitian dengan metode kualitatif dan kuantitatif, dilakukan analisis data secara eksperimental menggunakan analisis simulasi. Analisis simulasi yang digunakan yakni menggunakan permodelan dan simulasi digital untuk mengetahui pengaruh variabel dan mengetahui kinerja termal rekomendasi bangunan berdasarkan waktu yang ditentukan.

#### **3.2 Lokus dan Fokus Penelitian**

##### **3.2.1 Lokus Penelitian**

Objek penelitian ini merupakan gedung kuliah Universitas Multimedia Nusantara (UMN) yang terletak di Jl. Scientia Boulevard, Gading Serpong, Curug Sangereng, Kelapa Dua, Tangerang, Banten. Menurut data yang diperoleh dari pemerintahan Kota Tangerang bahwa Kota Tangerang merupakan dataran rendah dengan temperatur rata – rata 27,7 - 28 °C pada tahun 2013-2017. Rata-rata kelembaban udara adalah 76,7 % sedangkan curah hujan tertinggi 555 mm

### 3.2.2 Fokus Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada koridor, ruang kelas dan *double facade* gedung kuliah C Universitas Multimedia Nusantara. Koridor bangunan dan *double facade* dipilih karena merupakan ruang yang bersinggungan langsung dengan *breathing wall*. Sedangkan ruang kelas dipilih karena merupakan fungsi utama dari bangunan tersebut.

### 3.3 Jenis Data

Data yang dikumpulkan dan berkaitan dengan penelitian mengenai kinerja termal lingkungan selubung bangunan Universitas Multimedia Nusantara ini dibagi menjadi dua jenis data yakni data primer dan data sekunder seperti berikut berikut:

#### 3.3.1 Data Primer

Data primer yakni data yang diperoleh dengan cara survei lapangan atau pengamatan secara langsung. Penelitian mengenai kinerja selubung bangunan Universitas Multimedia Nusantara ini diperlukan data primer seperti;

1. Pengukuran suhu udara dalam dan luar bangunan
2. Pengukuran kelembaban dalam dan luar bangunan
3. Pengukuran kecepatan angin dalam dan luar bangunan
4. Dokumentasi dalam dan luar bangunan

#### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder yakni data yang didapat dari kajian pustaka maupun instansi yang berkaitan. Data yang diperoleh dari instansi yakni sebagai berikut:

1. Data fisik Universitas Multimedia Nusantara seperti denah dan gambar kerja lainnya
2. Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6572-2001) mengenai Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung.
3. Standar Nasional Indonesia (SNI 03- 6389- 2000) mengenai Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung.
4. Keputusan Menteri Kesehatan (No. 261/MENKES/SK/II/1998) tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja
5. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ANSI/ASHRAE Standard 55-2013) Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*
6. Idham, Noor Cholis. 2015. *Arsitektur dan Kenyamanan Termal*. Andi Offset: Yogyakarta.

7. Dewi, C.P., Huang, R.Y., & Nugroho, A.G. (2013). Strategi Double Skin Fasade pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi Pendinginan. Jurnal RUAS: ISSN 1693-3702. Vol. 11, No. 2
8. Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol. 1 2012 tentang Selubung Bangunan. Jakarta: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta.

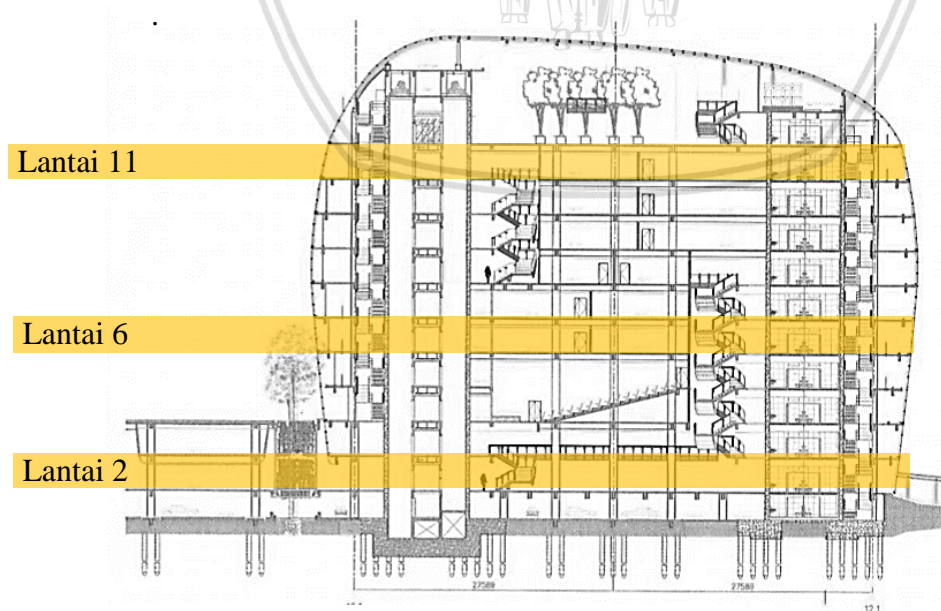
### 3.4 Populasi, Sampel dan Titik Pengukuran

#### 3.4.1 Populasi

Gedung Kuliah C Universitas Multimedia Nusantara

#### 3.4.2 Sampel

Gedung Kuliah C Universitas Multimedia Nusantara ini memiliki ketinggian 12 lantai. Dengan fungsi lantai 1 sebagai kantin dan area terbuka, lantai 2 sebagai ruang kelas dan ruang administrasi, lantai 3-11 sebagai ruang kelas dan lantai 12 sebagai *skyroom* atau lebih dikenal ruang khusus mahasiswa berwirausaha. Pemilihan sampel pada bangunan ini dibagi menjadi 3 sampel lantai yakni lantai dasar, lantai pertengahan dan lantai atas. Lantai 1 pada bangunan ini tidak dipilih karena tidak menggunakan selubung bangunan atau ruang terbuka. Sedangkan lantai 12 tidak dipilih karena selubung bangunan langsung berbatasan dengan atap bangunan dan tidak berfungsi sebagai ruang kelas. Sehingga lantai yang akan dijadikan sampel yakni lantai 2, lantai 6 dan lantai 11. Ketiga lantai ini dipilih karena menampung fungsi primer bangunan ini yakni ruang kelas.



Gambar 3.1 Sampel Lantai pada Objek Penelitian

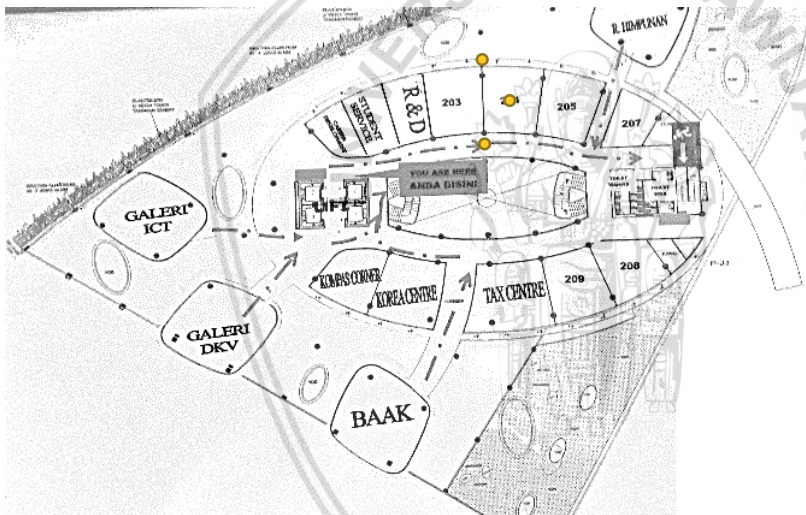
Sumber: ASEAN Energy Awards, 2014



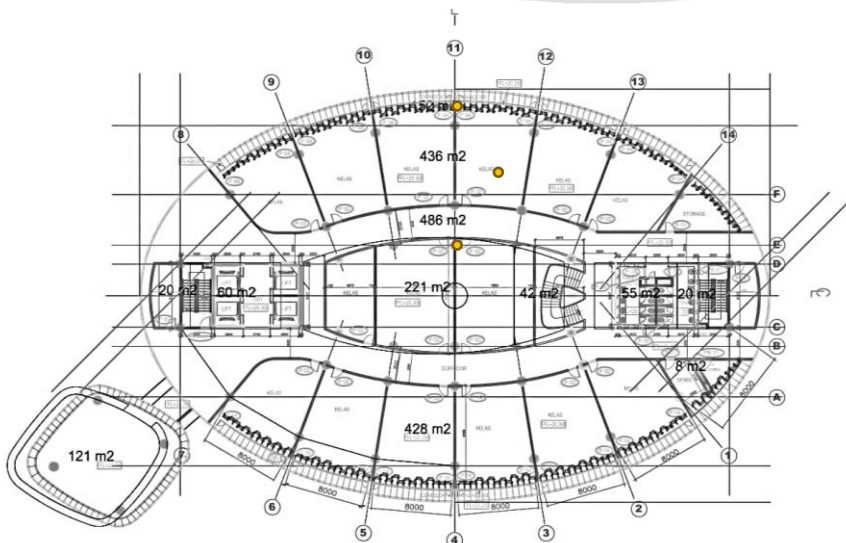
Selain sampel pada bangunan dalam gedung kuliah C Universitas Multimedia Nusantara, diambil juga sampel pada luar bangunan. Sampel pada luar bangunan ini dilakukan sebagai pembanding antara pengukuran dalam dan luar bangunan

### 3.4.3 Titik pengukuran

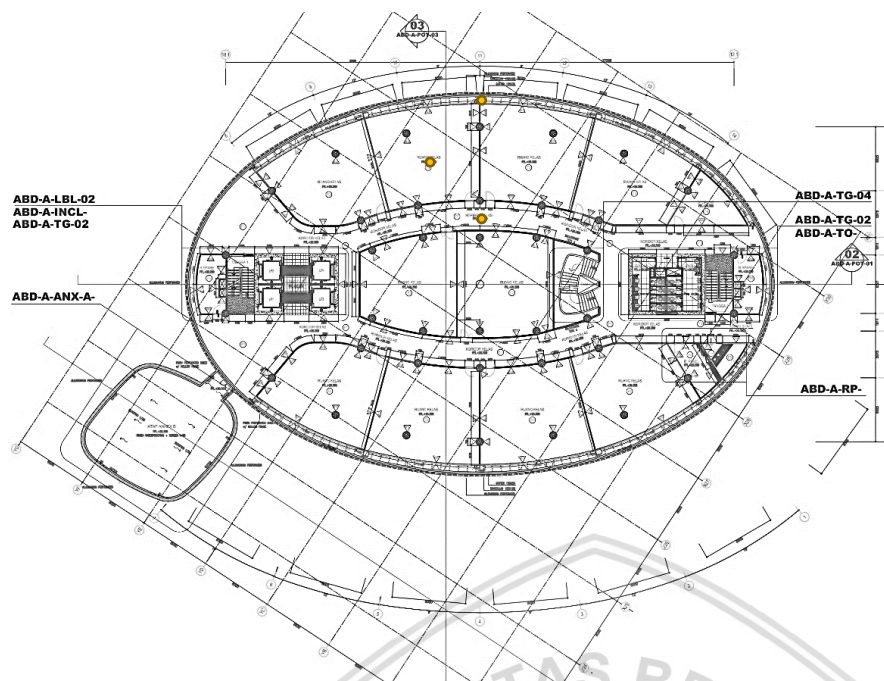
Dari ketiga lantai yang dipilih sebagai sampel ini, ditentukan titik pengukuran pada setiap sampelnya. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1,1m dari lantai dasar pada setiap titiknya. Setiap titik pengukuran diletakkan alat pengukur suhu dan kelembaban (*Thermo-hygrometer*) serta pengukur kecepatan angin (*Anemometer*). Titik pengukuran ini ditentukan berdasarkan sisi utara pada bangunan. Terdapat 3 titik pengukuran pada setiap lantainya, titik yang ditentukan yakni koridor bangunan, ruang kelas serta ruang *maintenance*. Serta terdapat 1 titik pengukuran pada lingkungan lantai 1 sehingga terdapat 10 titik pengukuran.



Gambar 3.2 Titik Pengukuran Lantai 2

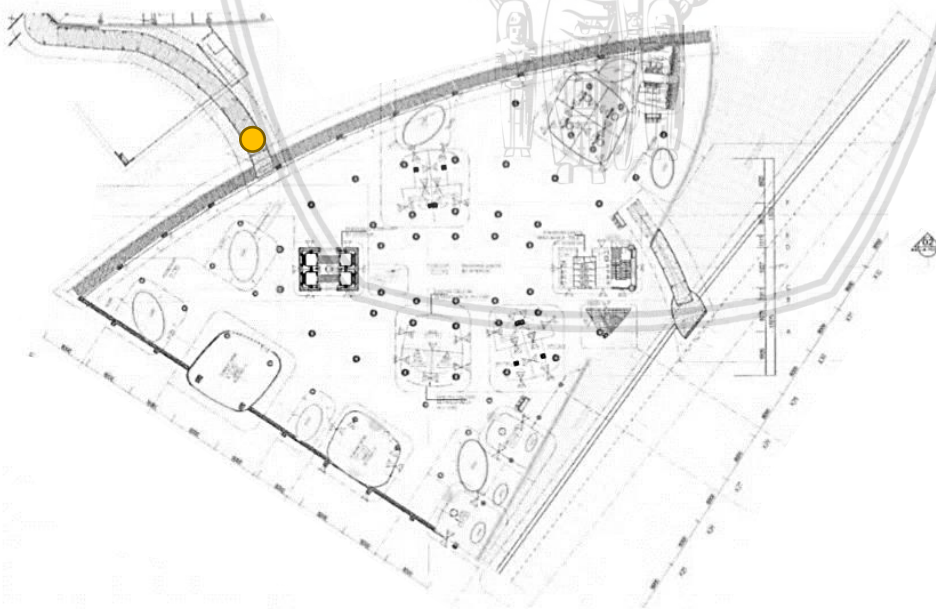


Gambar 3.3 Titik Pengukuran Lantai 6



Gambar 3.4 Titik Pengukuran Lantai 11

Sedangkan titik pengukuran pada luar bangunan dilakukan pada lingkungan lantai 1. Lingkungan lantai 1 dipilih karna merupakan tempat terbuka yang bersebelahan langsung dari bangunan. Pada lingkungan lantai 1 ini dipilih 1 titik yakni pada jalan setapak sisi utara dengan penutup sebagai peneduh.



Gambar 3.5 Titik Pengukuran Lingkungan Lantai 1

### 3.5 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari 2 macam variabel yaitu:



### 3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel penyebab dilakukannya penelitian ini, yaitu selubung bangunan (*double facade*, *breathing wall* dan dinding ruang kelas) dengan sub-variabel yakni jarak, material, bentuk dan orientasi, luas jendela, peneduh eksternal dan internal, dinding dan atap.

### 3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel akibat yang merupakan hasil dari penelitian, yaitu temperatur udara/suhu dalam dan luar bangunan, kelembaban dalam dan luar bangunan, kecepatan angin dalam dan luar bangunan dan radiasi matahari pada selubung bangunan.

## 3.6 Metode dan Teknik Pengumpulan Data

Metode yang dipilih dalam pengumpulan data adalah metode observasi dan dibagi menjadi dua data, yakni data primer dan sekunder

### 3.6.1 Observasi data primer

Data primer diperoleh melalui beberapa cara yaitu;

1. Pengukuran kondisi luas bangunan, lebar *double facade* dan koridor menggunakan gambar kerja maupun meteran
2. Pengukuran kondisi luas maupun bukaan pada selubung bangunan menggunakan meteran
3. Pengukuran kondisi suhu dan kelembaban udara bangunan menggunakan alat pengukur suhu (*termo-hygrometer*)
4. Pengukuran kondisi kecepatan angin dalam dan luar bangunan menggunakan alat pengukur kecepatan angin (*anemometer*)

### 3.6.2 Observasi data sekunder

Pengumpulan data sekunder ini dapat bersumber literatur maupun studi kepustakaan. Studi kepustakaan yang dimaksud didapat dari buku – buku, jurnal, dan standar acuan yang berhubungan dengan kinerja termal lingkungan pada selubung bangunan.

## 3.7 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 7-9 Februari 2018 dengan cuaca panas atau berawan. Waktu pengukuran penelitian ini dilakukan sesuai jam operasional Universitas yakni jam

07.00 – 17.00 WIB. Waktu pengukuran dilakukan setiap jamnya selama jam operasional tersebut berlangsung atau terdapat 11 kali pengukuran dalam satu hari.

### 3.8 Instrumen Penelitian

Dalam membantu pengambilan data dan menganalisa data, diperlukan alat-alat yang mendukung sebagai berikut;

1. Kamera

Kamera digunakan sebagai alat dokumentasi secara visual kondisi bangunan eksisting hingga bukaan selubung bangunan Gedung Kuliah Universitas Multimedia Nusantara.

2. Software Ecotect

Sebagai alat simulasi data

3. Software Sketchup

Sebagai alat modeling untuk simulasi

4. Meteran

Sebagai alat pengukur jarak antar titik, ketinggian dan bukaan.

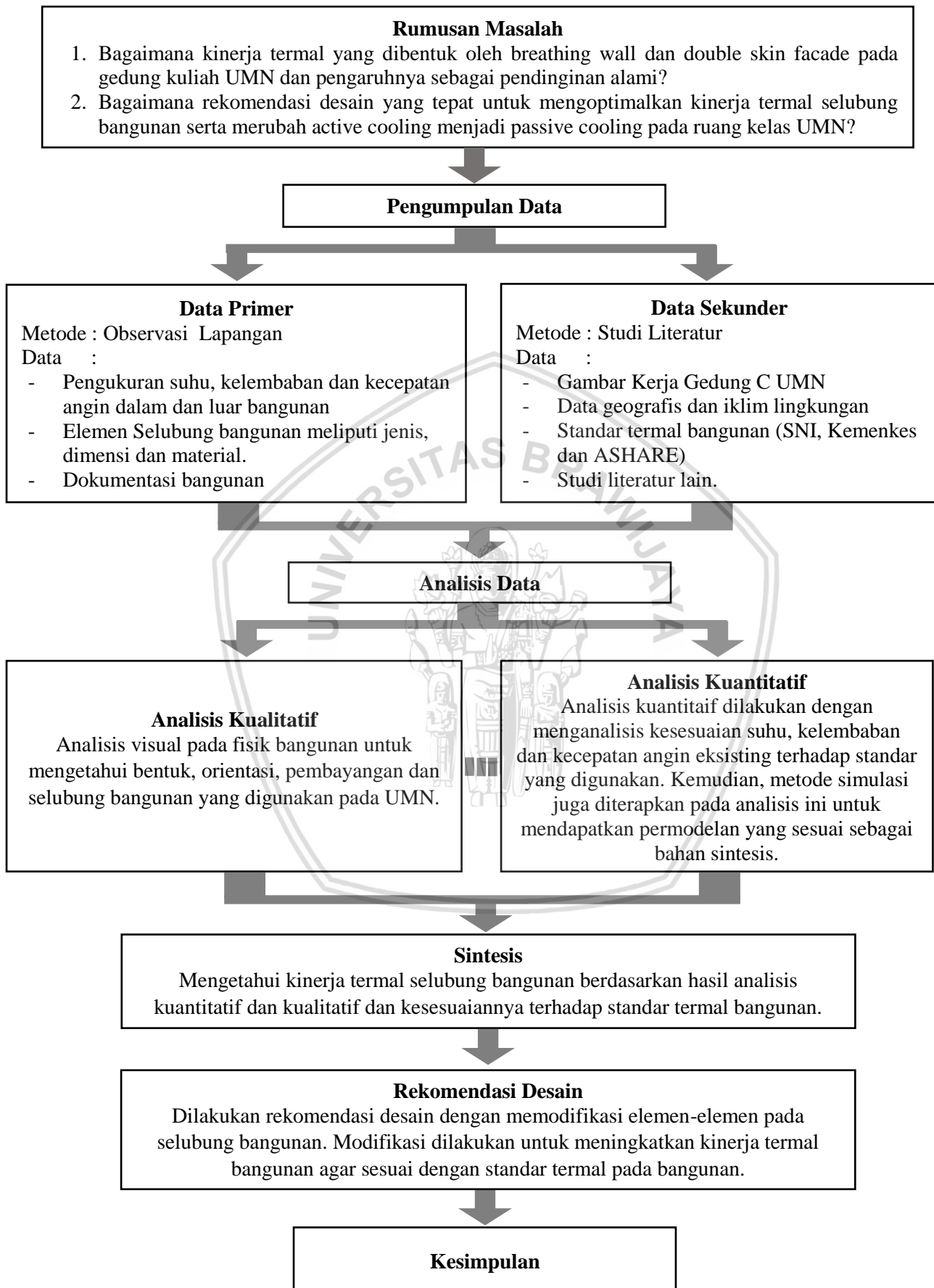
5. Termometer Digital (*thermo-hygrometer*)

Sebagai alat pengukur kondisi suhu dan kelembaban dalam bangunan maupun luar bangunan

6. *Anemometer*

Sebagai alat pengukur kecepatan angin dalam bangunan maupun luar bangunan

### 3.9 Kerangka Metode Penelitian



Gambar 3.6 Kerangka Metode Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada objek penelitian ini dapat diketahui bahwa Gedung Kuliah Universitas Multimedia Nusantara masuk ke dalam kategori panas. Hasil analisis ini ditemukan dari analisis hasil pengukuran serta analisis hasil simulasi pada sampel lantai 2, lantai 6 dan lantai 11 pada gedung C Universitas Multimedia Nusantara. Dari hasil analisis ini ditemukan bahwa lantai 11 sebagai lantai terpanas diantara seluruh sampel bangunan. Selain itu hasil analisis visual pembayangan menyatakan bahwa sisi utara merupakan sisi dengan paparan matahari terpanjang. Sehingga lantai 11 dengan sisi utara menjadi bahan rekomendasi untuk mengoptimalkan suhu bangunan.

Rekomendasi desain yang diterapkan pada bangunan ini mengacu pada penelitian Dewi (Dewi, Huang, & Nugroho, 2013) dan Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol. 1 tahun 2012. Sehingga rekomendasi yang digunakan yakni modifikasi jarak pada *double facade* dan *breathing wall*, modifikasi material *outer* pada *double facade* dan *breathing wall*, modifikasi material *inner* pada *double facade* dan *breathing wall* serta melakukan modifikasi pada selubung bangunan ruang kelas. Berikut ini adalah hasil modifikasi pada setiap aspeknya:

- 1) Modifikasi jarak pada *double facade* dan *breathing wall* yang digunakan yakni jarak 0,2 meter, 0,5 meter, 1 meter, 1,5 meter dan 2 meter. Dari kelima modifikasi ini ditemukan bahwa penurunan suhu paling optimal yakni 0,5 meter. Hasil jarak 0,5 meter ini yakni  $2,65\text{ }^{\circ}\text{C} - 4,81\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 2) Modifikasi material *outer* pada *double facade* dan *breathing wall* yang digunakan yakni material ACP (*Aluminium Composite Panel*), tembaga dan *stainless steel*. Hasil dari modifikasi ini menemukan bahwa material ACP merupakan material yang dapat menurunkan suhu pada bangunan yakni mencapai  $0,04\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$  dari modifikasi sebelumnya.
- 3) Modifikasi material *inner* pada *double facade* dan *breathing wall* yang digunakan yakni material dinding beton dan material dinding bata ringan. Modifikasi ini menghasilkan

bahwa material dinding bata ringan merupakan material yang dapat menurunkan suhu pada bangunan yakni mencapai  $0,03\text{ }^{\circ}\text{C} - 1,89\text{ }^{\circ}\text{C}$  dari modifikasi sebelumnya.

- 4) Modifikasi selubung ruang kelas pada penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi bentuk dan orientasi bangunan, luas jendela, material kaca, peneduh eksternal, reflektor cahaya, peneduh internal, material dinding dan atap berdasarkan Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol.1. Hasil dari modifikasi ini ditemukan bahwa terdapat penurunan suhu dari  $3,16\text{ }^{\circ}\text{C} - 5,68\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Hasil yang ditemukan yakni koridor menggunakan *breathing wall* dengan suhu  $26,51\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau turun sebanyak  $5,00\text{ }^{\circ}\text{C}$  dari simulasi awal. Kemudian terdapat ruang kelas dengan suhu  $25,77\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau turun sebanyak  $5,68\text{ }^{\circ}\text{C}$  dari hasil simulasi awal. Serta *double facade* dengan suhu  $26,91\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau turun sebanyak  $3,16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan SNI 03-6572-2001, suhu koridor menggunakan *breathing wall* dan *double facade* termasuk ke dalam suhu hangat nyaman. Sedangkan ruang kelas masuk ke dalam suhu nyaman optimal. Berdasarkan suhu nyaman Kota Tangerang ketiga ruang ini sudah masuk ke dalam suhu nyaman yakni dengan rentang ( $23,73 - 28,73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Setelah mendapatkan suhu nyaman yang optimal dilakukan penyesuaian antara suhu nyaman dan kelembaban udara dalam kaitannya dengan kebutuhan kecepatan angin. Dari hasil analisis berdasarkan penelitian Nugroho *et al.* (2007), menyatakan bahwa terdapat kebutuhan peningkatan dan penurunan kecepatan angin pada bangunan. Hal ini dapat ditanggulangi dengan menggunakan *cross ventilation* pada modifikasi 4 bangunan agar udara pada ruang kelas dapat mengalir dan optimal. Sedangkan pada *double skin facade* dilakukan modifikasi dengan menyempitkan jarak agar mengurangi *air gap*, sehingga dapat mengurangi penangkapan kecepatan angin pada area ini.

Setelah mendapatkan suhu optimum, kelembaban dan kecepatan angin yang sesuai, hasil rekomendasi ini juga menunjukkan penurunan *transfer heat* atau radiasi matahari dari lingkungan ke dalam bangunan. Rata-rata radiasi matahari pada bangunan eksisting yakni  $247,24\text{ Wh/m}^2$ . Sedangkan Rata-rata radiasi matahari pada bangunan hasil rekomendasi ini yakni  $100,99\text{ Wh/m}^2$ . Sehingga hasil akhir rata-rata radiasi matahari setiap jamnya turun sebanyak  $146,25\text{ Wh/m}^2$  dari bangunan eksisting.

Hasil rekomendasi ini menunjukkan bahwa bangunan ini dapat merubah sistem penghawaan *active* dan *passive cooling* menjadi penghawaan *passive cooling* secara keseluruhan. Namun penghawaan *passive cooling* yang diterapkan pada rekomendasi ini

akan memakan biaya yang relatif besar. Sehingga penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pembangunan *masterplan* UMN selanjutnya yang memiliki selubung bangunan sejenis dengan Gedung Kuliah C UMN.

## 5.2 Saran

Hasil penelitian ini memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan. Kekurangan tersebut dapat menjadi saran untuk diperbaiki dan kelebihan tersebut dapat dijadikan saran untuk dapat diterapkan manfaat untuk kedepannya. Berikut ini adalah beberapa saran yang diberikan kepada masing-masing pihak terkait kelebihan dan kekurangan dalam penelitian.

Bagi akademisi dan kepentingan ilmu pengetahuan, agar penelitian ini dapat menjadi acuan selubung bangunan yang hemat energi. Penyadaran bahwa penggunaan energi berlebih pada bangunan merupakan masalah yang serius pada zaman ini. Sehingga pengetahuan ini dapat menjadi referensi solusi desain bangunan yang hemat energi.

Untuk masyarakat umum, selubung bangunan *breathing wall* dan *double skin facade* merupakan jenis selubung yang masih jarang digunakan pada bangunan di Indonesia. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa penerapan pendinginan alami menggunakan *breathing wall* dan *double skin facade* dinilai efektif. Sehingga pada penggunaannya selubung bangunan ini merupakan salah satu selubung bangunan yang dapat menghemat energi. Penerapan selubung bangunan *breathing wall* dan *double skin facade* ini dapat menjadi salah satu solusi dari masalah pemanasan global serta penghematan energi melalui penghawaan alami pada bangunan.

Bagi pihak Universitas Multimedia Nusantara, penerapan bangunan hemat energi dengan mengutamakan penghawaan alami merupakan salah satu upaya yang baik. Sehingga pada perancangannya perlu diperhatikan aspek-aspek yang mempengaruhi selubung bangunan dalam kinerja termal bangunan. Konsep bangunan pada *masterplan* UMN memiliki tipe bangunan yang sejenis dengan gedung C. Sehingga, konsep rekomendasi desain selubung bangunan pada penelitian ini dapat dijadikan bahan acuan untuk perancangan massa bangunan yang akan dibangun pada *masterplan* UMN selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aksamija, Ajla. 2013. *Building Simulations and High-Performance Buildings Research : (Use of Building Information Modeling (Bim) for Integrated Design and Analysis)*. Perkins+Will Research Journal. Vol 05.01. Hal 19-37.
- Alessi, B. (2008). *Double Skin Façade and the its benefits*. Copenhagen: Copenhagen Technical Academy.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ANSI/ASHRAE Standard 55-2013) tentang *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: American National Standards Institute.
- Cook, T. D. 1979. *Quasi-Experimentation: Design & Analysis Issues for Field Setting*. Boston: Houghton Mifflin Co
- Dewi, C. P., Huang, R. Y., & Nugroho, A. G. (2013). Strategi Double Skin Fasade pada Bangunan Kampus National Central University dalam Menurunkan Kebutuhan Energi Pendinginan. Jurnal RUAS: ISSN 1693-3702. Vol. 11, No. 2
- <https://kbbi.web.id/> diakses pada 15 Oktober 2017
- <http://www.umn.ac.id/sejarah-umn/> diakses pada 20 Oktober 2017
- <http://www.umn.ac.id/green-building-gedung-hemat-energi-solusi-krisis-energi-indonesia/> diakses pada 22 Maret 2018
- <https://www.pu.go.id/berita/view/9533/kementerian-pupr-dorong-perguruan-tinggi-ciptakan-kawasan-green-campus> diakses pada 22 Maret 2018
- Idham, Noor Cholis. 2015. *Arsitektur dan Kenyamanan Termal*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Imbabi, M. S-E. 2006. *Modular Breathing Panels for Energy Efficient, Healthy Building Construction*. UK: Renewable Energy
- Karyono, T.H. 2001. *Teori dan Acuan Kenyamanan Termis dalam Arsitektur*. Jakarta: Catur Libra Optima.
- Keputusan Menteri Kesehatan No. 261/MENKES/SK/II/1998 tentang *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja*. Jakarta: Menteri Kesehatan

- Kibert, C. J. 2008. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery-Second Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc
- Mulyadi, R. (2012). *Study on naturally ventilated double-skin facade in hot and humid climate*. Nagoya University, Japan.
- Nugroho A. G., Ahmad M. H., & Ossen, D. R. (2007). A Preliminary Study of Thermal Comfort in Malaysia's Single Storey Terraced Houses. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*: Vol. 6, No. 1
- Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Vol. 1 2012 tentang Selubung Bangunan*. Jakarta: Pemerintah Provinsi DKI Jakarta
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan 2013 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
- Punaji, Setyosari. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta: Kencana.
- Soegijanto, 1999. *Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab ditinjau dari aspek Fisika Bangunan*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Depdikbud: Jakarta
- Standar Nasional Indonesia 03- 6389- 2000 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia 03-6389-200 tentang Nilai K Bahan Bangunan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suharsimi, Arikunto. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tascon, M. H. (2008). *Experimental and computational evaluation of thermal performance and overheating in double skin facades* (Thesis). University of Nottingham.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia
- Vidiyanti, Christy (2015). Kajian Retrofit Bangunan Sebagai Upaya Mereduksi Konsumsi Energi Operasional. *Vitruvian*: Vol. 5, No. 1

Yoon, S. 2000. *Effectiveness of Passive Ventilation Functions of “Breathing Wall” under Natural Weather Conditions*. London: Proceedings of PLEA Architecture

